

أشكال الصحاري المصورة

دراسة لأهم الظواهر الجيومورفولوجية
بالمناطق الجافة وشبه الجافة

دكتور محمد مجدي تراب

قسم الجغرافيا - كلية آداب دمنهور
جامعة الإسكندرية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أهداء

إلى والديّ الكرام حباً وعرفاناً

المقدمة

تشكل الصحارى حوالى ثلث المساحة اليابسة من كوكبنا الأرضى، كما تغطى الصحراء أكثر من تسعة أعشار المساحة الاجمالية لاقطار وطننا العربى .

وتتعلق آمالنا بالصحراء لتخفيف الضغط عن مناطق الاكتظاظ السكاني، وعن مواردنا المرهقة على ضفاف الانهار وسواحل البحار .

وعلى الرغم من ذلك لم تحظ صحارينا العربية بالاهتمام الواجب من معشر الجغرافيين، لفهم خصائص بيئتها الطبيعية، والتنقيب عن مواردها ، وبواطن الثروة فيها .

تعتبر عمليات المسح والتخريط الجيومورفولوجى لأشكال سطح الارض، ومثابة الخطوة الاولى فى طريق استغلال هذه المساحات الشاسعة الزاخرة بالعديد من الأشكال الأرضية المتنوعة، على اختلاف مظاهرها ومسببات نشأتها، فمنها ما يدين فى نشأته للقوى الباطنية (الداخلية)، ومنها ما تشكل عن عوامل النحت، أو الأرساب، و أيضا هناك الأشكال المتبقية عن الصراع الأزلى بين القوى الباطنية وعوامل النحت والأزالة الخارجية.

وكثيرا ما تواجه دارسى هذا العلم العديد من الصعوبات فى التعرف على الأشكال الأرضية ميدانيا، فكثيرا ما يقرأ الجغرافى عن وصف هذه الأشكال بين ثنايا الكتب والمراجع، و لكنه لا يستطيع تخيل ملامحها، سواء أثناء الدراسة الحقلية، أو التفسير الأستريوسكوبى للصور الجوية و المرئيات الفضائية.

ويعد هذا الكتاب محاولة لسد جزء من هذا الفراغ، من خلال بعض الخبرات التى اكتسبها الكاتب أثناء دراساته وتجواله فى بقاع متفرقة من صحارينا. وتم الأستعانة بعدد لا بأس به من الخرائط والأشكال والمجسمات الإيضاحية، بالاضافة الى المرئيات الفضائية، والصور الجوية، إلى جانب ما تمكنا من إتقاطه من الصور

الأرضية في تلك الجهات، و تعويض النقص بالاستعانة بنخبة مختارة من الكتب و المصادر العربية و الأجنبية.

و نعرف مسبقا بالوقوع في كثير من الأخطاء، أو على الأقل الاختلاف في وجهات النظر، عند تفسير نشأة - بل و مسميات - بعض الاشكال الأرضية، على الرغم من تعمدى كتابة معظم المرادفات المتداولة للظاهرة الواحدة، و توثيقها بمقابلها الأجنبى.

و نأمل أن يكمل هذا العمل بالنجاح، و أن يجد فيه الجيومورفولوجى المبتدىء ضالته، و يساعده فى التعرف على ظاهرات سطح الأرض بالصحارى، و إدراك تكوينها، و أن يشجع هذا النجاح فى استكمال سلسلة أشكال سطح الأرض المصورة، بسهولها الفيضية، و سواحلها، و عروضها الجليدية، و مناطقها الكارستية.
و الله ولى التوفيق،،

محمد مجد تواب

المحتويات

٢١	الفصل الأول أنماط الصحارى
٣٩	الفصل الثاني الأشكال التكتونية (الباطنية)
٤٠	أولا : أشكال الطبقات الصخرية الأفقية
٤١	١- الموائد الصحراوية
٤١	٢- القواعد الصخرية «قواعد التماثيل»
٤٢	٣- التلال الشاهدة «القصور»
٤٢	٤- عش الغراب
٤٣	٥- الأعمدة الصحراوية
٤٣	٦- التلال الجزيرية المنفردة
٤٦	٧- التلال المزدوجة القمة «النهود الصحراوية»
٤٧	٨- التطور الجيومورفولوجي لأشكال الشواهد الصحراوية
٦٥	ثانيا : أشكال الطبقات الصخرية المائلة
٦٩	١- الكويستا
٦٨	٢- أظهر الميمون
٧٥	ثالثا : الأشكال الألتوائية
٧٩	١- عناصر الالتواء
٧٩	٢- أشكال الثنيات
٨٣	٣- الطيات المحدبة والمقعرة الغاطسة
٨٥	٤- القباب التكتونية (الالتوائية)
٨٥	٥- الأحواض التكتونية (الالتوائية)

- ٦- الطيات الزجاجية (المتوتية)..... ٨٥
- رابعاً : الأشكال الإنكسارية..... ٩٣
- ١- عناصر أو أجزاء الصدع ٩٣
- ٢- الحافات الانكسارية (الصدعية) ٩٤
- ٣- تطور الحافات الانكسارية ٩٥
- ٤- الضهور (الصدعية) الانكسارية ١٠٠
- ٥- الأغوار (الصدعية) الانكسارية ١٠١
- خامساً : الأشكال البركانية ١٠٢
- ١- الحرات والحرار ١٠٢
- ٢- حواجز السدود النارية والديناصورات ١٠٣
- ٣- الهياكل البركانية ١٠٤
- ٤- القباب البركانية ١١٧
- ٥- انسيابات اللافا ١١٨
- الفصل الثالث أشكال النحت ١٢٣
- أولاً : عمليات التجوية ١٢٥
- (أ) أشكال التجوية الميكانيكية (الطبيعية) ١٢٥
- ١- التقشر الصخري ١٢٩
- ٢- المظهر العمداني ١٢٦
- ٣- الأعمدة الرأسية ١٣٤
- ٤- التفلق الصخري ١٣٤
- ٥- التفكك الكتلي ١٣٨
- ٦- التفكك الحصوى ١٣٨
- ٧- التجوية الملحية ١٣٩
- ٨- التجوية الميكانيكية بالكائنات الحية ١٤٠
- ٩- روابي وتلال النمل الأبيض ١٤٠
- (ب) أشكال التجوية الكيميائية ١٤٥
- ١- تجوية الرطوبة والجفاف ١٤٦
- ٢- طلاء الصحراء ١٤٧
- ٣- التجوية البيضاوية (الكروية) ١٤٧
- ٤- التلال المخروطية (أقماع السكر) ١٤٨
- ٥- تكهفات التجوية (التافرنى) ١٥٣
- ٦- تجوية خلايا النحل ١٥٤
- ٧- التجوية العضوية ١٥٤
- (ج) الأشكال المتبقية عن عمليات التجوية ١٥٩
- ثانياً : النحت بحركة المواد على سفوح المنحدرات ١٦٣
- ١- زحف التربة ١٦٦
- ٢- زحف الصخور ١٦٧

- ٣- التدفق الأرضي والتدفق الطيني ١٦٧
 ٤- الانزلاق الأرضي ١٧١
 ٥- تساقط الكتل الصخرية ١٧٦
 ٦- انزلاق الكتل الصخرية ١٧٧
 ٧- الهبوط الأرضي ١٧٨
 ٨- منحدر البيدمونت ١٨١

ثالثاً : أشكال النحت بالرياح ١٨٤

- ١- الوجه ريجيات ١٨٤
 ٢- تضاريس الiardانج (الخرافيش) ١٨٥
 ٣- المنخفضات الصحراوية ١٨٩
 ٤- ثقب وكهوف الرياح ١٩٠
 ٥- المداخن الصحراوية ١٩٧
 ٦- الجمال الصحراوية ١٩٧
 ٧- حفر التذرية ١٩٧
 ٨- البطيخ المصقول ١٩٨
 ٩- الأعمدة الترابية ١٩٨
 ١٠- الكبارى الطبيعية ٢٠٩
 ١١- الأناب ٢٠٩

رابعاً : أشكال النحت بالمياه : ٢١٠

- ١- الاودية الجافة ٢١٠
 ٢- الفيضان الغطائي ٢١٩
 ٣- تعرية الرش ٢١٩
 ٤- تعرية الجداول ٢١٩
 ٥- المسيلات الجبلية ٢١٩
 ٦- الخوانق «الأخاديد» ٢١٦
 ٧- الاراضى الوعرة ٢٢٣

الفصل الرابع أشكال الارساب ٢٢٧

أولاً: ارساب المواد تحت أقدام المنحدرات ٢٢٩

- ١- مخروط الهشيم ٢٣٠
 ٢- المراوح الفيضية (الدالات المروحية) ٢٣١
 ٣- الباجادا (الباهادا) ٢٤١

ثانياً : أشكال الإرساب الحوضى ٢٤٢

- ١- البلايا (البحيرات السبخية) ٢٤٢
 ٢- السبخة ٢٤٤
 ٣- الحوض الجبلى (البلسن) ٢٤٩
 ٤- الرواسب البحرية الحفرية ٢٤٥

٢٥١	ثالثاً : الإرساب (الهوائى) بالرياح
٢٥٣	أشكال الارساب الهوائى الرملى
٢٥٣	(أ) مجموعة الاشكال الرملية الدقيقة
٢٥٤	(ب) مجموعة الاشكال الرملية الكبرى
٢٧٨	الفصل الخامس الأشكال المتبقية
٢٧٩	١- أسطح التعرية
٢٨٠	٢- التلال المتبقية
٢٨١	٣- الحطام المتخلف (المتبقى)
٢٨١	٤- الروابى أو الاكام والقمم
٢٨٢	٥- أشكال الشواهد الصحراوية
٢٨٣	٦- فوهات اصطدام النيازك بسطح الارض
٢٩٢	قائمة المراجع

فهرس الاشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
١	تشكيل صحارى الرق الحصوية بالتذرية بفعل الرياح.	٢٥
٢	بعض أنماط التلال الشاهدة.	٤٠
٣	قواعد صخرية بالصحراء الشرقية المصرية.	٤٢
٤	رسم توضيحي لعش الغراب فى جنوب أفريقيا.	٤٥
٥	تشكيل تل جزيرى مزدوج القمة.	٤٥
٦	بعض اشكال التلال الجزيرية كما تظهر على الخرائط الكنتورية.	٤٦
٧	ثلاث مراحل من التطور الجيومورفولوجى لأشكال الشواهد الصحراوية.	٤٨
٨	أثر عوامل التعرية على الشواهد الصحراوية.	٤٨
٩	الشكل الجيومورفولوجى العام لكل من المائدة	
	الصحراوية والكويستا وظهر الميمون.	٦٥
١٠	تأثير عوامل التعرية على الكويستا.	٦٦
١١	أجزاء الكويستا.	٦٦
١٢	أجزاء ظهر الميمون.	٦٩
١٣	أظهر الميمون فى صخور جوراسية بولاية كلورادو الأمريكية.	٦٩
١٤	خريطة طبوغرافية وشكل مجسم يوضح مجموعة من حافات أظهر الميمون.	٧٠
١٥	بعض أنماط أظهر الميمون.	٧١
١٦	عناصر الألتواء.	٧٦
١٧	ثنية مقعرة بولاية اركنساس الأمريكية كما تبينها	
	الخريطة الطبوغرافية ومجسم.	٧٧
١٨	موقع المرقية الفضائية بصورة رقم ٢٣.	٧٨
١٩	موقع المرقية الفضائية بصورة رقم ٢٣.	٧٨

٢٠	طية مقعرة غاطسة معبراً عنها برسم توضيحي
٨٣	وخرائطه كـتـتـورية وهـاشـور ومـجـسـم
٨٤	أجزاء الثنية الغاطسة
٨٤	طية محدبة غاطسة معبراً عنها بمجسم
٨٦	قطاع جيولوجي ومجسم
٨٦	القبة الالتوائية فى إقليم بلاك هيلز
٨٩	تأثير عوامل التعرية على القباب الالتوائية
٩٠	حافات ناتجة عن الطيات الالتوائية
٩١	طية زجاجية
٩٢	دورة التعرية فى السلاسل
٩٢	بعض الأشكال الجيومورفولوجية
٩٤	رسم تخطيطي لإنكسار أفقى
٩٥	تطور الحافات الإنكسارية
٩٦	بعض أنماط الحافات الإنكسارية
٩٧	إنكسار سلمى
٩٧	مراحل تطور الحافات الإنكسارية
٩٨	خريطة طبوغرافية ومجسم
٩٩	بعض أنماط الإنكسارات
١٠٠	مراحل دورة التعرية فى المناطق الجافة
١٠١	تأثير عوامل التعرية على الأغوار الصدعية
١٠١	رسم تخطيطي لغور صدعي
١٠٤	حاجز نارى يقطع صخور أقل صلابة
١٠٤	موقع المرئية الفضائية بصورة رقم ٢٨
١٠٥	رسم تخطيطي للمرئية الفضائية بصورة رقم ٢٨
١٠٥	رسم تخطيطي للمرئية الفضائية بصورة رقم ٣٠
١٠٩	خريطة كتتورية للهيكـل البركانى (شيسروك) فى المكسيك
١١٣	خريطة كتتورية لمخروط فوجى ياما البركانى - اليابان
١١٤	أنماط مختلفة من الهياكل البركانية
١١٧	قبة اللاكوليث البركانية فى إقليم مونت هنرى بولاية أوتاها الأمريكية
١١٩	موقع المرئية الفضائية بصورة رقم ٣٦
١٣١	التجوية بفعل التقشر الصخرى
١٣١	تأثير التقشر الصخرى على كتلة حجرية
١٣١	إنفصال القشرة الصخرية
١٣٢	بعض أمثلة لـقـباب التقـشر
١٣٣	تشكيل المظهر العمدانى
١٣٣	تكوين المظهر العمدانى فى الجرانيت
١٣٣	تكوين الكتل البيضاء
١٣٤	تكوين الأعمدة الرأسية
١٣٨	التفكك الكتلى

١٣٩	التفكك الحصى	٥٨
١٤١	التجوية الميكانيكية والكيميائية بجذور الأشجار	٥٩
١٤٢	روابي النمل الأبيض «التيرميتاريا»	٦٠
١٤٩	تجوية بيضاوية فى البازلت	٦١
١٤٩	كتل الدياباز البيضاوية بالنطاق الساحلى جنوب كاليفورنيا	٦٢
١٤٩	تأثير عمليات التجوية فى تعديل شكل الكتل الصخرية	٦٣
١٥٠	على المظهر البيضاوى	٦٤
١٥٠	كتلة صخرية من الدياباز متأثرة بالتجوية البيضاوية (سيرانيفادا)	٦٥
١٥٣	تكهفات التافونى	٦٦
١٥٩	مستوى التجوية القاعدى	٦٧
١٦٤	بعض أنماط حركة المواد على سفوح المنحدرات	٦٨
١٦٦	شواهد زحف التربة	٦٩
١٦٧	مجسم يوضح إنزلاق التربة	٧٠
١٦٨	بعض أشكال حركة الصخور والفتات والرواسب على المنحدرات	٧١
١٧٢	بعض نماذج للإنزلاق الأرضى	٧٢
١٧٥	رسم تخطيطى لإنزلاق أرضى بجبال San Gabriel - كاليفورنيا	٧٣
١٧٦	تساقط صخرى	٧٤
١٧٧	إنزلاق صخرى على الضفة اليمنى لنهر إنجيل - كلورادو	٧٥
١٧٨	حركة هبوط أرضى متعددة المراحل	٧٦
١٨٢	أجزاء منحدر البيدمونت	٧٧
١٨٣	بعض أشكال التعرية بالماء الجارى فى المناطق الصحراوية	٧٨
١٨٥	تأثير الرياح على كشط الحصوات	٧٩
١٨٦	أشكال الوجه ريحيات	٨٠
١٨٦	مراحل تشكيل الوجه ريحيات	٨١
١٩١	تأثير العوامل الجيولوجية على نشأة المنخفضات الصحراوية	٨٢
١٩٩	أعمدة الدماويل	٨٣
١٩٩	نشأة الأعمدة الترابية فى إقليم التيرول	٨٤
٢١٩	مجسم لخائق نهري	٨٥
٢٣٥	مجسم لمروحة فيضية	٨٦
٢٣٥	تطور ونمو المراوح الفيضية نتيجة تتابع السيول الصحراوية	٨٧
٢٣٦	مورفولوجية إحدى المراوح الفيضية	٨٨
٢٣٧	خريطة كنتورية لمروحة فيضية لمصب وادى تاقانت بالمغرب	٨٩
٢٤٣	مقارنة بين حجم حبيبات الرواسب فى البلايا والباجادا	٩٠
٢٤٤	تأثر السبخات بتذبذب مستوى الماء الباطنى	٩١
٢٤٦	البلسن والبلايا والسبخة	٩٢
٢٥٥	تراكم الرمال عند قاعدة عائق صحراوى	٩٣
٢٥٦	تحول الكومات العفوية إلى كتبان هلالية	٩٤
٢٥٦	تحول الكتبان الهلالية إلى غرود	٩٥
٢٦٠	التوزيع الجغرافى لأنماط الترسيب الرملى فى شبه الجزيرة العربية	

٢٨٢	مراحل التطور الجيومورفولوجى لأشكال الشواهد الصحراوية.	٩٦
٢٨٣	تكوين فوهات إصطدام النيازك بسطح الأرض.	٩٧

فهرس الصور الارضية والجوية والمرئيات الفضائية

الرقم	العنوان	الصفحة
١	صورة جوية توضح تقدم الغطاءات الرملية على سهول الرق المستوية. ٢٩	٢٩
٢	التجمعات الرملية الهوائية تغطي بطون الأودية المقطعة لمرتفعات تبستى كما توضحها صورة جوية بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ مصورة عام ١٩٦١. ٣١	٣١
٣	غطاءات رملية تتقدم على حساب سهول الرق المستوية بالصحراء الجزائرية. ٣٣	٣٣
٤	مرئية فضائية للتجمعات الرملية تغطي حوض وادى حضرموت بالربع الخالى. ٣٣	٣٣
٥	سهل حصوى بالتخوم الشمالية لمنخفض الفيوم. ٣٥	٣٥
٦	سهول الرق الحصوية مكونة من شظايا البازلت. ٣٥	٣٥
٧	مائدة صحراوية مكونة من الحجر الكلسى الجوارسى. ٤٩	٤٩
٨	مائدة صخرية بالهامش الشمالى الغربى لمنخفض القطارة. ٤٩	٤٩
٩	قارة أم الصغير. ٥١	٥١
١٠	شاهد صحراوى بولاية أريزونا الأمريكية. ٥٣	٥٣
١١	شاهدان صحراويان بصحراء أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية. ٥٣	٥٣
١٢	عش غراب بصحراء الأريزونا. ٥٥	٥٥
١٣	تل يشبه عش الغراب أو الكأس بمنطقة أم الصغير على الهامش الشمالى لمنخفض القطارة. ٥٥	٥٥

أعمدة صحرافية فى الأحجار الرملية بوسط تركيا. ٥٧	١٤
مجموعة أعمدة صحرافية نشأت عن إنخفاض مستوى الماء الباطنى. ٥٩	١٥
تل جزيرى مخروطى بمنطقة جبل قطرانى شمال منخفض الفيوم. ٦١	١٦
تل جزيرى مسطح القمة على الهوامش الشرقية لمنخفض سيوة. ٦١	١٧
تل جزيرى مقوس القمة بمنطقة قريشت على الهوامش الشرقية لمنخفض سيوة. ٦١	١٨
تل جزيرى مزدوج القمة بمنطقة أم الصغير. ٦٣	١٩
ظهر ميمون بولاية داكوتا الأمريكية. ٧٣	٢٠
إتواء وحيد الجانب فى الحجر الرملى والشيل وسط إنجلترا. ٧٩	٢١
ثنية محدبة فى منطقة جبل شيب Sheep بولاية Wyo الأمريكية. ٧٩	٢٢
جزء من جبال الأبالاش الإلتوائية شرقى ولاية بنسلفايا (مرئية فضائية). ٨١	٢٣
سلسلة جبال ماكدونالد الإلتوائية القديمة بوسط إستراليا (مرئية فضائية). ٨١	٢٤
نهر يانچسنى أطول أنهار قارة آسيا يخترق سلسلة جبليّة إلتوائية فى الصين (مرئية فضائية). ٨١	٢٥
قبة إلتوائية فى تكوينات الحجر الجيرى. ٨٧	٢٦
صورة جوية توضح جزء من قبة إلتوائية بمنطقة أبين عباس فى إيران. ٨٧	٢٧
الهيكل البركانى لأحد المخروطات القديمة فى ناميبيا. ١٠٧	٢٨
مجموعة هياكل بركانية قديمة فى بوليفيا (مرئية فضائية). ١٠٧	٢٩
حوض Kari Kari البركانى فى بوليفيا (مرئية فضائية). ١٠٧	٣٠
حاجز نارى بالمكسيك. ١١١	٣١
بقايا هيكل بركان شيروك فى المكسيك. ١١١	٣٢
بقايا عنق بركانى فى منطقة Lire بفرنسا. ١١٥	٣٣
هيكل بركانى بالقرب من جبل أوزو - ليبيا. ١١٥	٣٤
إنسيابات الالفا جنوب شرق واشنطن. ١٢١	٣٥
حوض Cerra Galan شمال غرب الأرجنتين (مرئية فضائية). ١٢١	٣٦
كتلة جرانيتية متأثرة بالتقشر الصخرى بهضبة تنزانيا. ١٢٧	٣٧
آثار التقشر الصخرى على كتلة جرانيتية بمنطقة سانت كاترين. ١٢٧	٣٨
قباب جرانيتية تتعرض لفعل التقشر بالقرب من ريو دى جانيرو. ١٢٧	٣٩
شقوق وفواصل متعامدة تسهم فى تشكيل المظهر العمدانى بالقرب من سانت كاترين. ١٢٩	٤٠
كتلة جلاميدية من الجرانيت تشبه البيض بولاية أريزونا الأمريكية. ١٢٩	٤١
كتل جلاميدية متراصة مكونة من بقايا جرانيتية تشبه الأنف البشرى. ١٢٩	٤٢
تفلق صخرى فى الأحجار الرملية بمنطقة قارة الجندى ١٣٥	٤٣
الصحراء الغربية المصرية. ١٣٥	٤٤
أعمدة رأسية سداسية فى صخور البازلت. ١٣٧	٤٤
شقوق سداسية فى صخور البازلت أدت إلى انفصالها وتفككها فى منطقة جبل قطرانى. ١٣٧	٤٥
تداخل جذور الأشجار بالفواصل الصخرية ومساهمتها فى توسيعها. ١٤٣	٤٦
ربوة قام ببنائها النمل الأبيض قرب مدينه بورت دارون فى استراليا. ١٤٣	٤٧

٤٨	آثار عملية الإذابة تبدو واضحة على تكوينات الحجر الجيرى بواى الأربعين في جنوب سيناء. ١٥١
٤٩	آثار عملية الهدرجة في الأحجار الرملية. ١٥١
٥٠	توسيع الشقوق الصخرية بواسطة أكسدة العناصر الحديدية في صخور الجرانيت في استراليا. ١٥١
٥١	عملية الكربة بمياه الأمطار وتأثيرها على توسيع الفواصل الصخرية. ١٥١
٥٢	تجوية الرطوبة والجفاف في الأحجار الجيرية الميوسينية بمنطقة عجبية غربى مدينة مرسى مطروح. ١٥٥
٥٣	كتل الجلاميد الكروية بمنطقة جبل قطرانى شمال منخفض الفيوم. ١٥٥
٥٤	كتل جرانيتية بيضاوية بواى فيران - جنوب سيناء. ١٥٥
٥٥	تآكل صخور الدولوريت وتشكيل خلايا التحل. ١٥٧
٥٦	أعشاش طيور البشاروش جنوبى جزيرة أندروس - الباهاما. ١٥٧
٥٧	تدرج الألوان على مستويات التجوية المختلفة تبعاً لتباين مستويات الماء الباطنى - ولاية أوتاها الأمريكية. ١٦١
٥٨	سياج حجرى متأثر بزحف التربة. ١٦٩
٥٩	تدفق طينى بولاية أوتاها الأمريكية. ١٦٩
٦٠	إنزلاق أرضى فى كلومبيا البريطانية بكندا. ١٧٣
٦١	إنزلاق أرضى فى كلومبيا البريطانية بكندا. ١٧٣
٦٢	هبوط أرضى بمقاطعة ماديسون بولاية مونتانا الأمريكية. ١٧٩
٦٣	مرئية فضائية توضح السفوح الغربية لجبال الأنديز بشيلي. ١٧٩
٦٤	حصوات متأثرة بالكشط بالرياح. ١٨٧
٦٥	صورة جوية مائلة لتضاريس الiardانج فى مرتفعات تبستى جنوب ليبيا. ١٨٧
٦٦	منخفض صحراوى بالفيوم. ١٩٣
٦٧	منخفض صحراوى تنمو به بعض شجيرات الزيتون والتين والنخيل جنوبى جبل الدكرور بسيوة. ١٩٣
٦٨	منظر فريد لثقوب الرياح فى الأحجار الرملية بوسط تركيا. ١٩٥
٦٩	عمود من الحجر الرملى انفصل عن الحافة المجاورة له بتأثير توسيع الشقوق الرأسية بعمليات التجوية وإزالة المواد المجواه بالرياح. ١٩٥
٧٠	رأس جمل متشكل فى الأحجار الجيرية بمنخفض القطارة. ٢٠١
٧١	جمل صحراوى متشكل فى الأحجار الرملية قرب واحة الداخلة بالصحرء الغربية المصرية. ٢٠١
٧٢	أعمدة ترايبية بتركيا. ٢٠٣
٧٣	عمود ترايبى فى خانق Chelly بولاية أريزونا الأمريكية. ٢٠٣
٧٤	البطيخ المصقول شمال منخفض الفيوم. ٢٠٧
٧٥	كوبرى طبيعى فى الأحجار الرملية بكلورادو. ٢٠٧
٧٦	ناب صخرى فى الأحساء بشبه الجزيرة العربية. ٢٠٩
٧٧	مرئية فضائية مأخوذة من إرتفاع منخفض توضح جزء من شبكة التصريف الوادى حضرموت بشبه الجزيرة العربية. ٢١١
٧٨	وادى طابا حيث تختلف على جوانبه التكوينات الصخرية التى يشقها. ٢١١

٢١٣	صورة جوية لأحد الأودية الجافة.....	٧٩
٢١٧	جدول محدود العمق بالجبل الأخضر بالجمهورية الليبية.....	٨٠
	مجموعة مسيلات جبلية قطع كتلة Maloti الجبلية فى	٨١
٢١٧	ليسوتو بجنوب أفريقيا.....	
٢٢١	خائق بأحد المنابع العليا لواد جاف بجنوب إفريقيا.....	٨٢
٢٢١	أحد الجسور على خائق بواد جاف قرب مدينة قسطنطينة بالجزائر.....	٨٣
٢٢٥	أراضى وعرة بولاية مونتانا الأمريكية.....	٨٤
٢٣٣	مخروط هشيم غرب ديربى تشير - بريطانيا.....	٨٥
	مخروط هشيم مكون من حصوات حادة الزوايا من الكوارتزيت فى	٨٦
٢٣٣	Wyamoing بالولايات المتحدة الأمريكية.....	
٢٣٩	مروحة فيضية دلتاوية بالقرب من ميناء العقبة الأردنى.....	٨٧
٢٣٩	مروحة فيضية فى وادى ديث - كاليفورنيا.....	٨٨
٢٤٧	نطاق من الباجادا غرب الولايات المتحدة الأمريكية.....	٨٩
٢٤٧	نطاق من البلايا بوادى ديث - كاليفورنيا.....	٩٠
٢٤٩	خوض جبلى تطوقه الحوائط العالية وتنتشر على قاعه الإرسابات.....	٩١
٢٤٩	تشققات القشرة الطينية المتكونة على سطح السبخة بعد جفافها.....	٩٢
٢٤٩	رواسب بحيرية صخرية بالجزء الأوسط من وادى فيران - جنوب سيناء.....	٩٣
٢٦١	علامات النيم تبدو محفوظة على الأحجار الرملية.....	٩٤
٢٦١	مقطع فى كتيب رملى متحجر.....	٩٥
٢٦٣	نبكة بمنخفض قريشت شرقى سيوة.....	٩٦
٢٦٣	صورة جوية مائلة لمجموعة برخانان فى صحراء موجاف - كاليفورنيا.....	٩٧
٢٦٥	صورة جوية توضح نطاق من الكثبان الهلالية بالصحراء الجزائرية.....	٩٨
٢٦٧	جزء من غرد القطانية بالصحراء الغربية المصرية.....	٩٩
	كتيب طولى يتألف من مجموعة متلاصقة من الكثبان	١٠٠
٢٦٧	الحلزونية الهلالية الأصل.....	
٢٦٩	مرئية فضائية للكثبان الرملية الطولية بمنطقة وهية بسلطنة عُمان.....	١٠١
	مرئية فضائية لبحيرة أونيانجا أكبر بحيرات السريير الليبى	١٠٢
٢٦٩	تطفئ عليها الكثبان الطولية.....	
٢٧١	صورة جوية توضح سيوف تغطى بعض الأودية الجافة بصحراء الجزائر.....	١٠٣
٢٧٣	مرئية فضائية لسيوف رملية بصحراء سيمبسون فى أستراليا.....	١٠٤
٢٧٣	حاجز رملى عرضى جنوبى منخفض الجغبوب.....	١٠٥
	صورة جوية لمجموعة كثبان نجمية فى صحراء الربع	١٠٦
٢٧٥	الخالى بالمملكة العربية السعودية.....	
	تجمعات رملية نجمية تشبه الخنجر بالعرق الكبير الشرقى	١٠٧
٢٧٥	فى الصحراء الجزائرية.....	
٢٨٥	تل متبقى شمال تنزانيا.....	١٠٨
٢٨٥	نطاق من الروابى متبقى عن التجوية بتركيا.....	١٠٩
٢٨٧	صورة جوية لمجموعة من التلال المتبقية.....	١١٠
٢٨٩	حفرة ناتجة عن إصطدام نيزك بسطح الأرض بولاية أريزونا الأمريكية.....	١١١

الفصل الاول

أنماط الصحارى

(حسب طبيعة المادة المشكلة لسطح الأرض)

(١) العرق «الصحارى الرملية»

(٢) الحمادة «الصحراء التى أزيلت عنها الرمال»

(٣) الرق «الصحارى الحصوية»

(٤) السرير «الصحارى الصخرية»

انماط الصحارى

(حسب طبيعة المادة المشكلة لسطح الأرض)

(١) العرق «الصحارى الرملية» Erg

العرق اصطلاح يطلقه بدو الصحراء الكبرى على المناطق المغطاه بالتجمعات الرملية على إختلاف اشكالها، سواء كانت غرود سيفية وأذرع من الرمال تمتد فى صورة سلاسل موازية لإتجاه الرياح، أو كثبان هلالية برخانية، أو نجمية متعددة الأذرع، أو مجرد كومات من الرمال المتراكمة فى كنف الشجيرات الصحراوية، والتي يطلق عليها اسم «النباك أو النبكات». وتعتبر سهول الرق المستوية من أنسب البيئات الصحراوية لإستقبال غطاءات العرق الرملية.

وتغطى الرمال بمختلف أشكالها نسبة تتراوح بين ٢٥٪، ٣٠٪ من مساحة الأراضى الصحراوية فى العالم، ولكن تتباين هذه النسبة من قطر عربى لآخر، إذ تغطى الرمال أكثر من ربع الأراضى الجزائرية، أى ما يزيد على ١,٣ مليون كم^٢ من الغطاءات الرملية، وخاصة العرق الشرقى العظيم الذى يصل إلى صحراء جنوب تونس، والعرق الغربى العظيم الذى يتجاوز قواعد مرتفعات أطلس. ولايضارع العروق

Sand Plain

السهل الرملي

غطاء رملي عظيم الاستواء لا تظهر عليه الكثبان الرملية بمختلف أشكالها.

كـوم

اصطلاح يستخدم في التركستان للدلالة على القفار الرملية وما قد يرادف العرق أو الصحارى الرملية في وسط آسيا.

(٣) الحمادة «الصحراء التي أزيلت عنها الرمال»

Hammada - Scabland

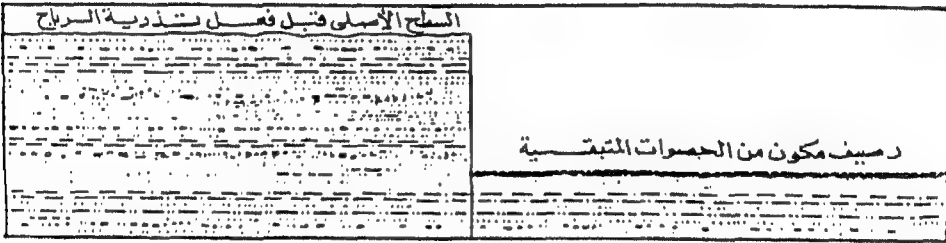
جمعها حماد وهي هضاب كلسية صوانية متواضعة الإرتفاع تمتد عشرات وأحيانا مئات الكيلومترات، والتي عرقتها الرياح والسيول تماما من الذرات الترابية والرملية، وتمتاز باستواء سطوحها الملساء، وتحدد حوافها الأودية الأخدودية العميقة. وتكتسى أسطح الحماد بقشرة حامية لها من المواد الكلسية الشديدة التلاحم، ويبلغ سمكها بضعة سنتيمترات، ويتباين لونها بين الأبيض المصفر والرمادي القاتم، وتكونت هذه القشرة بفعل إذابة المياه للصخور الجيرية والجبس والأملاح. وترصع أسطح الحماد أحيانا بمجموعة من الحفر والمنخفضات الدائرية التي قد يصل قطر بعضها إلى ما يزيد عن الكيلومتر الواحد، وتعرف هذه الحفر باسم «الضايات» في شمال أفريقيا، و«الخبرات» بالسعودية وتنتج هذه المنخفضات من الإذابة الكارستية لتكوينات الجير. وتغطي أسطح الحماد الجزء الأكبر من الصحارى العربية، إذ تشيع بالصحراوين الشرقية والغربية المصرية وهضاب تاسيلي، وتناثر على حضيض مرتفعات أطلس مثل حمادة توناسين Taunassine وحمادة دراع وحمادة غير Guir، كما تنتشر الحماد بالجزء الشمالي من شبه الجزيرة العربية الممتد شمال النفوذ وشرقه.

والحماد والرق شكلان صحراويان متكاملان مورفولوجياً، فما تفقده الحماد من رواسب تنقله السيول وتكسبه أسطح الرق بعد تبخر المياه، ولكنهما يتشابهان في انتشار القصرات الجيرية الصلبة على أسطحهما (صلاح البحيري، ١٩٧٩ «أ»).

Reg

(٣) الرق «الصحارى الحصوية»

الرق اصطلاح يطلقه بدو الصحارى الكبرى على ما أسترى من أرض سهل السعى فيها، وتفتش سهول الرق المنبسطة بالحصى والحصباء سواء الأصلية المشتقة من نواتج تجوية سطوحها، أو المنقولة من تخومها بالرياح أحياناً، أو مياه السيول فى الأغلب. إذ تعمل الرياح على تذريرة ماتقدر على حمله من الحبيبات الدقيقة التى تفتش سهول الرق، بينما تتخلف الحصوات التى تعجز الرياح عن اكتساحها، ويزداد تركيز الحصباء كلما هبط السطح بإزالة المزيد من مكوناته الناعمة، حتى تصبح الحصوات والأحجار كفرشة متصلة تغطى السطح بأكمله (صلاح البحيرى، ١٩٧٩، «أ»).



(شكل ١) تشكيل صحارى الرق الحصوية بالتذريرة بفعل الرياح

كما تسهم مياه السيول فى نقل حبيبات التربة والأحجار وإرسابها على قيعان المنخفضات والمقعرات، فتساعد على تكثيف الفرشات الحصوية على أسطح الرق. وتعمل مياه السيول على إذابة المواد الملحية والكلسية، حيث تصعد محاليلها على السطح بالخاصية الشعرية، فترسب أملاحها، وتزيد من تماسك وتلاحم طبقة الحصى، ولذا يطلق عليها تعبير الأرصفة الصحراوية Desert Pavement أو دروع الصحراء Desert Armor أو الرصيف الجلمودى Boulder Pavement

رصيف صحراوى Desert pavement

سطح مستو منبسط من الصخر الأصلى للصحراء ومغطى بالحصى والحصباء بعد إزالة المواد الأدق.

رصيف جلمودى Boulder pavement

سطح مرتفع أو هضبة تغطيها الكتل الحجرية والجلاميد فى مساحات هائلة، والأعماق قد تصل إلى المتر الكامل. وتعزى عادة إلى فعل عوامل التفكك ومنها تنبع أنهار الأحجار إذا ما تحركت أو زحفت إلى حضيض المنحدرات (يوسف تونى، ١٩٦٤. ص. ١٨٩).

القشرة الصحراوية «طلاء الصحراء» Sesert varinsh

عبارة عن غشاء رقيق صلب من أملاح المنجنيز والحديد تترسب على سطوح الرق بالخاصية الشعرية، وتقى ما تحتها من رواسب الرمال والأتربة المختلطة بالحصى، ويميل لونها للأسود أو البنى القاتم، وكثيرا ماتصقلها حبيبات الرمال حين تلفحها أثناء حركتها، ليدو السطح كله لامعاً كشظايا الزجاج تحت أشعة الشمس.

القشرة الصلبة Hardpan - Hardcrust

طبقة سطحية متصلبة صماء تحتوى على نسب عالية من الطين والصلصال مختلطة بالحصى والحصباء، ويتفاوت سمكها من مكان لآخر، وقد يطلق عليها تعبير القشرة الجيرية المتصلبة Duricrust إذا ما تشكلت الطبقة اللاحمة للتربة بفعل كربونات الكالسيوم.

Nappe

مفرش حصوى (ناب)

اصطلاح فرنسى يطلق على الاسطح المقترشة بالحصى والحصباء على اختلاف العامل المشكل، ويقتصر هذا المصطلح باللغة الانجليزية على الغطاءات الحصوية البنيوية الناتجة عن الالتواءات والانكسارات.

Dahanah

دهنة

مصطلح يطلق فى شبه جزيرة العرب على السهول الحصوية التى تكتنفها أشربة الرمال السيفية من أبرزها الدهناء.

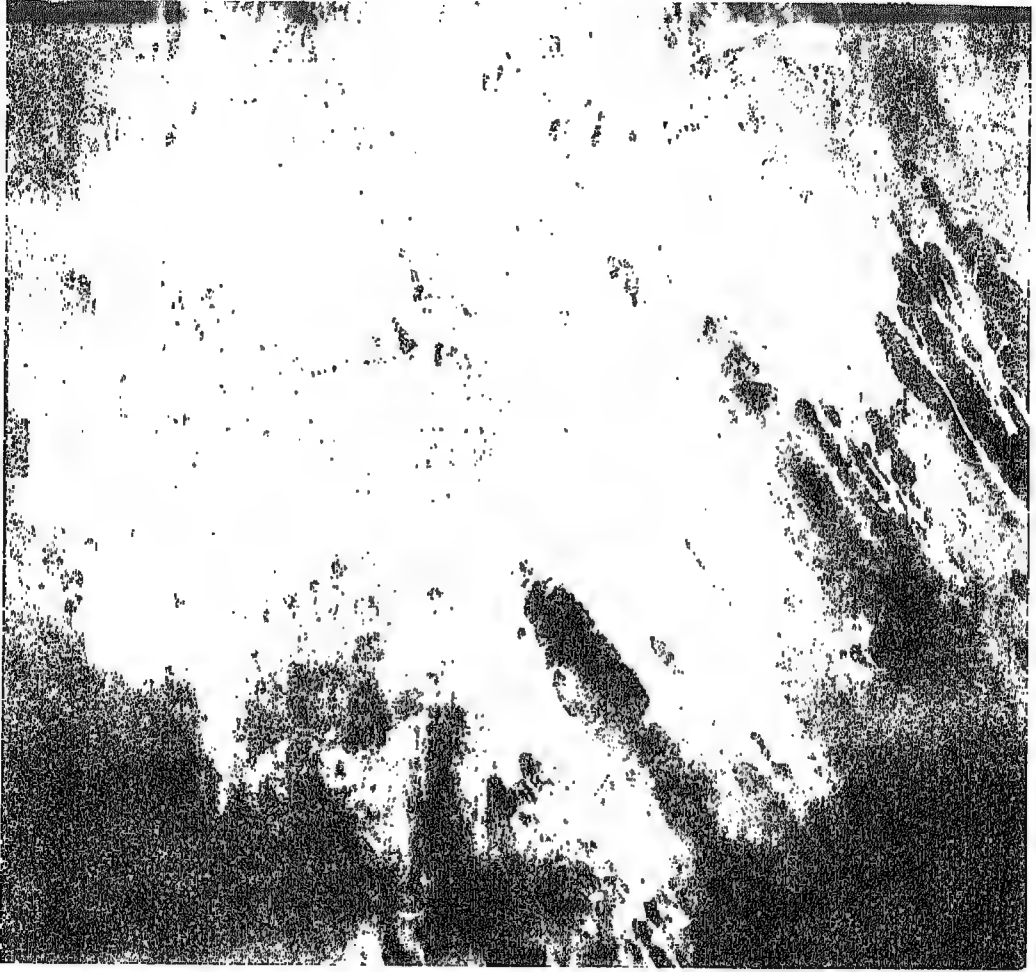
Serir

(٤) السريز «الصحارى الصخرية»

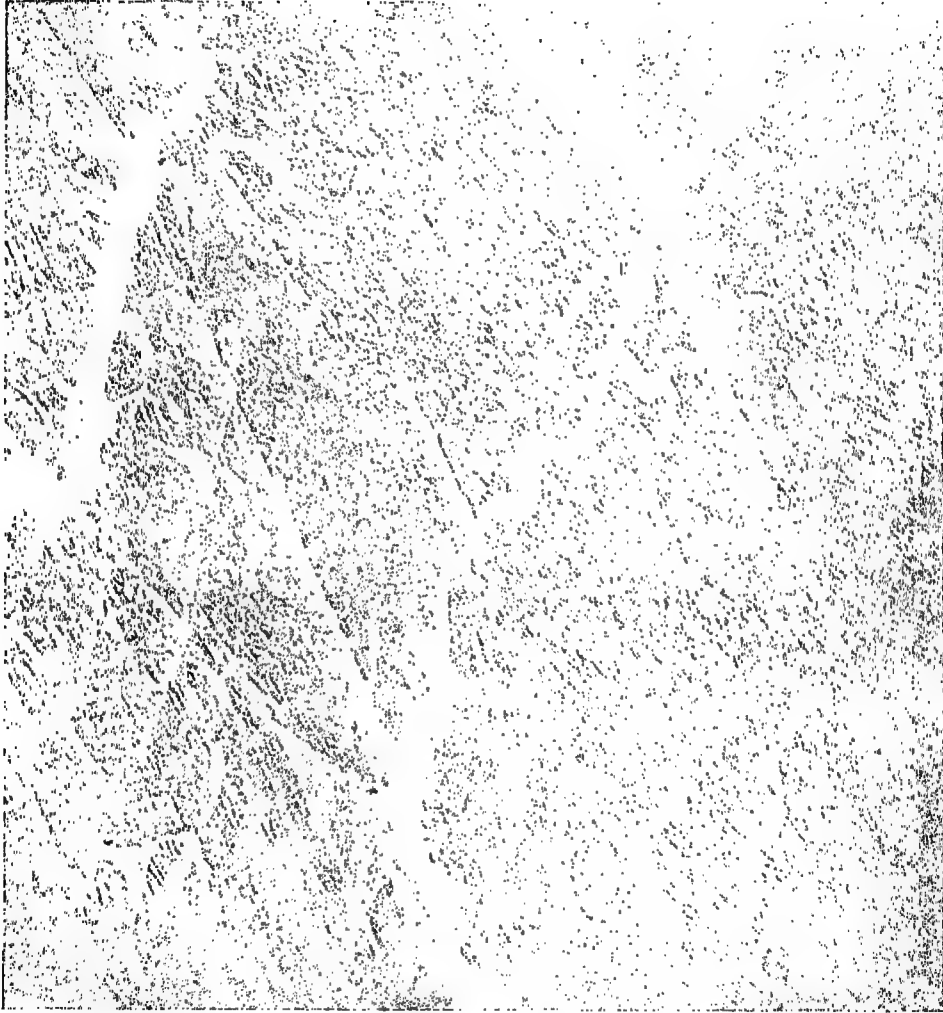
تعنى كلمة سريز فى العربية بشرق الصحراء الكبرى جميع الأراضى السهلية الصخرية، ومرادفها فى لغة البربر «أسريز» وجمعها «أسريرن».

وتمتد السهول الصحراوية المستوية فى الأجزاء المحصورة، بين شواطئ السبخات «السباخ» الملحية من جهة والمراوح الفيضية والباجادا Bajada تحت أقدام المرتفعات من جهة أخرى.

وقد ترجع نشأة هذه السهول إلى فعل التراجع الخلفى للحافات الجبلية الصحراوية Scarp recession المتاخمة لها، بفعل كل من التعرية المائية والهوائية مشكلة هذه السهول، والتى يطلق عليها تعبير Pediplains. وتنتشر سهول السريز فى حمراء الساي Sai بحوض تاريم، وإقليم المغارة شمال شبه جزيرة سيناء.

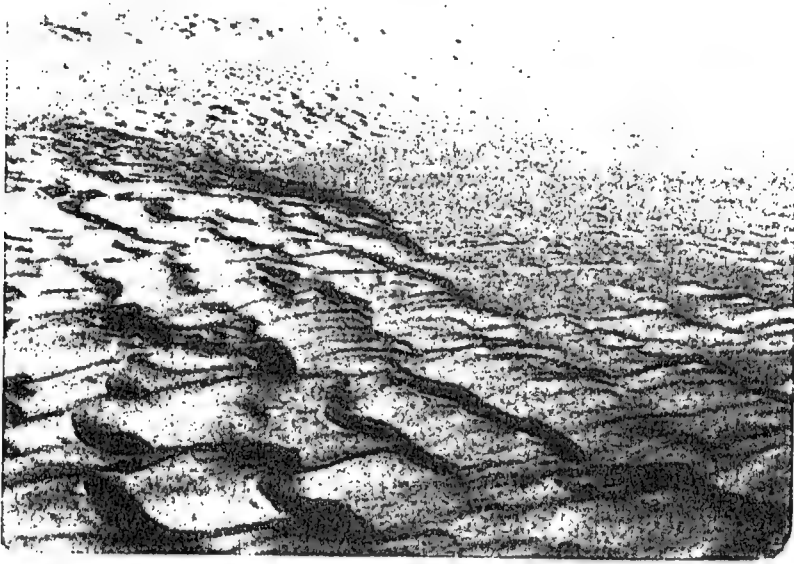


(صورة ١) صورة جوية توضح تقدم الغطاءات الرملية على سهول الرق المستوية التي لا يظهر منها سوى بعض التلال المتبقية Residual Hills بمرتفعات تبستى على الحدود الليبية التشادية.
(تصوير عام ١٩٦١ بمقياس رسم: ١:٥٠٠,٠٠٠، مهداه من Prof. D. chorley, R.)

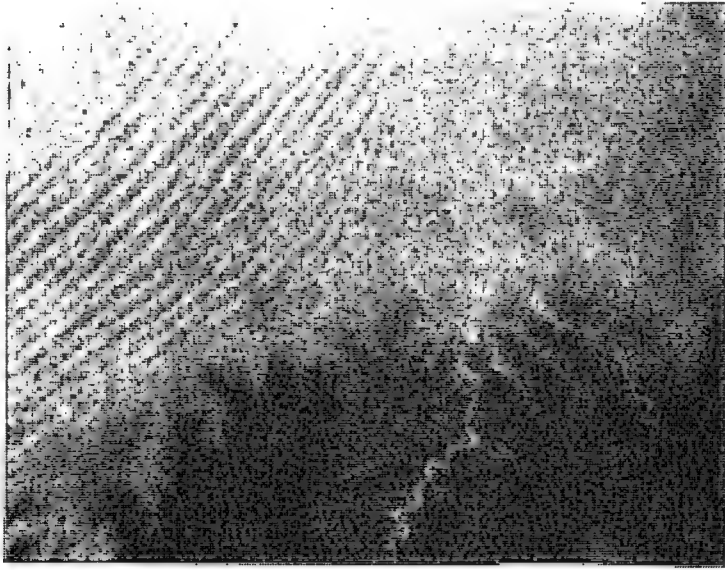


(صورة ٢) التجمعات الرملية الهوائية تغطي بطون الاودية المقطعة لمرتفعات تبستي، كما توضحها صورة جوية بمقياس ١:٥٠.٠٠٠، تصوير عام ١٩٦١، لاحظ العلاقة بين شكل شبكة التصريف المائي للاودية وإتجاهات الأشكال الخطية مثل الإنكسارات والشقوق والفواصل

(مهدهاه من Prof. D. chorley, R.)

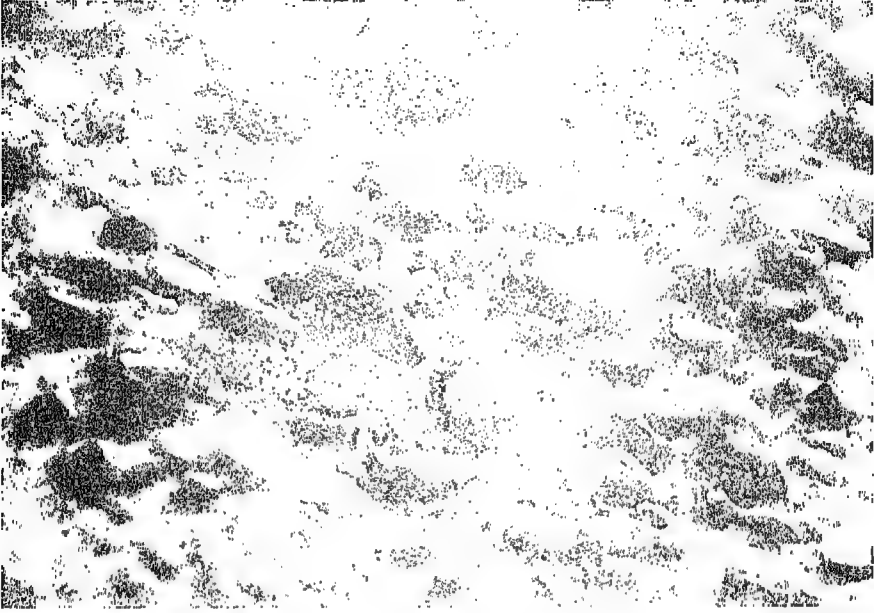


(صورة ٣) غطاءات رملية تتقدم على حساب سهول الرق المستوية بالصحراء الليبية، لاحظ تقوس الكثبان البرخانية التي يمكن عن طريقها دراسة إتجاه الرياح السائد بالمنطقة (راجع أشكال الإرساب بالرياح).

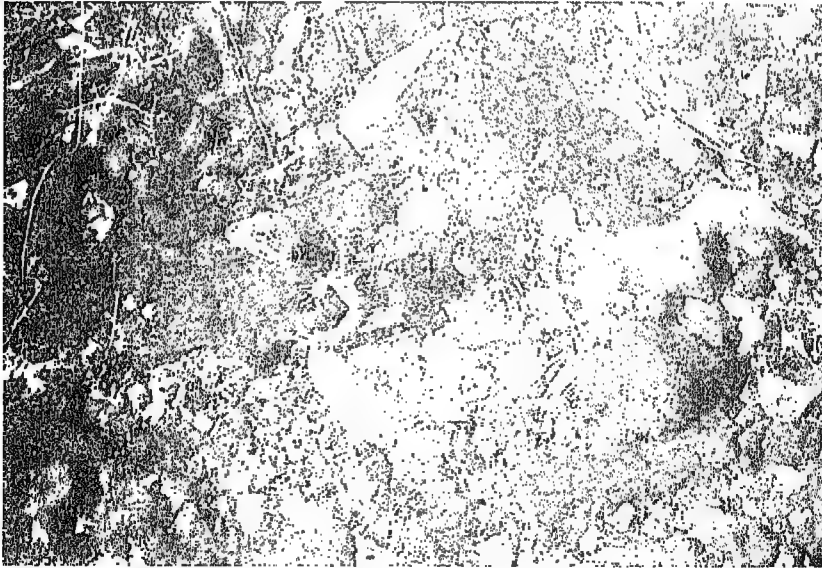


(صورة ٤) مرئية فضائية للتجمعات الرملية تغطي حوض وادي حضرموت بالربع الخالي، لاحظ إمتداد الكثبان الرملية بالجزء الأبعد من الصورة، ونطاق الكثبان النجمية بالجزء العلوي منها.

(After Shelton, J.S., 1966)



(صورة ٥) سهل حصوى بالتخوم الشمالية المنخفض الفيوم، يبدو فى أولى مراحل تشكيله حيث لازالت نسبة الحصى والشظايا الحجرية صغيرة الحجم فى محيط الرمال والأترية حولها.



(صورة ٦) سهول الرق الحصوية مكونة من شظايا البازلت.

الاشكال التكتونية (الباطنية)

أولاً : أشكال الطبقات الصخرية الأفقية.

ثانياً : اشكال الطبقات الصخرية المائلة.

ثالثاً : الأشكال الالتوائية.

رابعاً : الأشكال الإنكسارية (الصدعية).

خامساً : الأشكال البركانية.

الاشكال التكتونية (الباطنية)

هناك مجموعة من العوامل مصدرها جوف الأرض تعمل فى دأب على زيادة تضرس القشرة الأرض بأن ترفع بعض الأجزاء وتغور بالبعض الآخر، وتعرف بالعوامل الداخلية أو الباطنية Endogenetic Agents. وهى بذلك تتوازن مع الآثار المترتبة على نشاط مجموعة العوامل الخارجية من تجوية ومياه جارية وجوفيه ورياح. وغيرها من العوامل المسئولة عن نحت الجهات البارزة من الصحارى، ونقل مفتتاتها لتملأ المواضع المنخفضة والتتوءات والفجوات لتجعل سطح الأرض أكثر استواءاً. وتنقسم العوامل الباطنية إلى مجموعتين هما العوامل التدريجية البطيئة التى يستمر تأثيرها لفترات زمنية طويلة قد تصل لمئات الملايين من السنين مثل حركات الطي والثنى (الإلتواءات المحدبة والإلتواءات المقعرة) والإنكسارات (الصدوع)، والعوامل الفجائية السريعة مثل الإنبثاقات البركانية والهزات الزلزالية والنافورات الحارة. ويتناول هذا الفصل الأشكال الأرضية التى تنشأ بتأثير العوامل الباطنية، وتشتمل على خمس مجموعات هى:

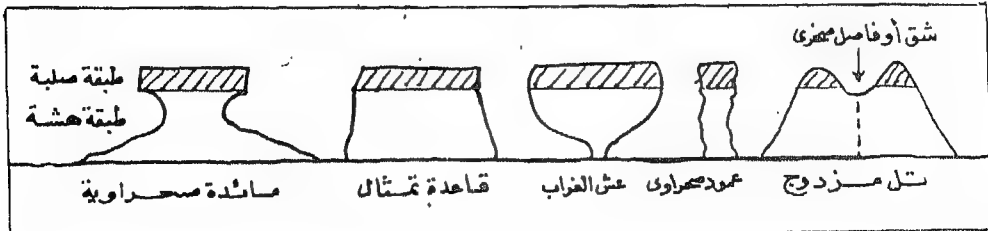
- ١ - أشكال الطبقات الصخرية الأفقية. ٢ - أشكال الطبقات الصخرية المائلة.
- ٣ - الأشكال الإلتوائية. ٤ - الأشكال الإنكسارية (الصدعية).

٥ - الأشكال البركانية.

أولا : أنكال الطبقات الصخرية الأفقية

تعد الطبقات الصخرية الأفقية أحد نظم البنية الجيولوجية Structure وتنسم بعدة خصائص هي:

- ١ - يبلغ ميل طبقاتها Dip القيمة صفر.
 - ٢ - يتساوى سمكها الحقيقي True thickness مع سمكها الرأسى Vertical Thickness.
 - ٣ - تظهر مكاشفها الصخرية سواء العلوية أو السفلية موازية لخطوط الكنتور.
 - ٤ - ترسم على الخرائط الجيولوجية والجيولوجية الرمز +
- وفيما يلى أهم الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بالطبقات الصخرية الأفقية، وهى التى نطلق عليها اسم أشكال (ظاهرات) الشواهد الصخرية Zeugen، وهو مصطلح ألماني يطلق على مجموعة التلال التى تشير إلى مستوى سطح الأرض القديم قبل بداية تأثير عوامل التعرية، وتضم هذه المجموعة من الأشكال: الموائد الصخرية والقور والتلال. المزدوجة «النهود» والأعمدة الصخرية والتلال المنفردة «الأعلام» أو التلال المتخلفة وغيرها.. إلا أنها تشترك جميعا فى عدة خصائص هي:
- ١ - استواء سطوحها وتساوى مناسيبها.
 - ٢ - تغطيتها قلنسوة أو قشرة صلبة تعمل على حمايتها من عوامل النحت والإزالة.
 - ٣ - ترتبط بالطبقات الصخرية الأفقية.
 - ٤ - ينتهى مصير هذه التلال بالإزالة والاكتساح وتشكيل السهل التحاتى.



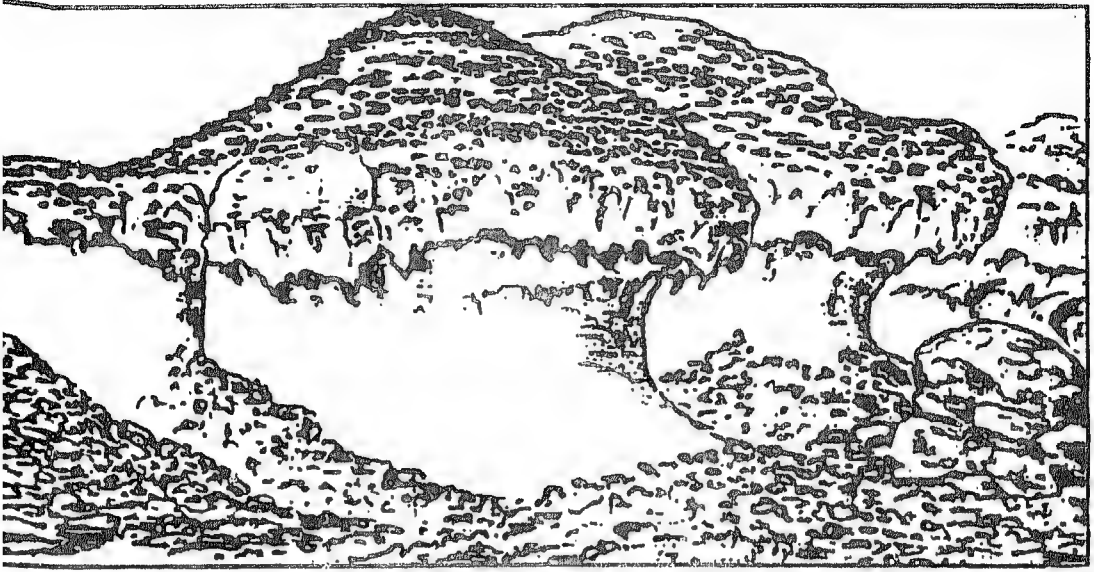
(شكل ٢) بعض أنماط التلال الشاهدة

Meza - Mesa**(١) الموائد الصحراوية**

المائدة الصحراوية أو «الميزا» مصطلح اشتق من هضبة الميزيتا الأسبانية، ثم انتشر بالجنوب الغربى للولايات المتحدة الأمريكية، وهو يطلق على بعض الهضبيات أو التلال ذات الطباقية الأفقية المتوجه بتكوينات أكثر صلابة تتألف عادة من السليكات أو اللاتريت أو القشرة الجيرية المتصلة بالخاصية الشعرية، ويعمل هذا الغطاء الصلب على حماية جسم التل من الإزالة بعوامل التعرية. وكان يعتقد قديماً أن هذه الظاهرة وغيرها من أشكال الشواهد الصحراوية تنشأ نتيجة برى حضيض الصخور بالرياح، لكن يرجح الآن تأثير التجوية الكيميائية عند إلتقاء قواعد هذه التلال بسطح الأرض المشبع بالمياه. وتتميز أسطح هذه الموائد بالاستواء التام، بينما يشتد انحدار حوافها بسبب تأثرها بالتقويض الجانبي بفعل المياه. ويطلق بدو الصحراء على الهضبيات الشاهدة تعبير «قور» ومفردها «قارة» مثل قارة «أم الصغير» على الهامش الشمالى لمنخفض القطارة، والتي استغلها السكان المحليون فى بناء قرية كاملة على سطحها طلباً للأمن والحماية.

Pedestal**(٢) القواعد الصخرية «قواعد التماثيل»**

عبارة عن هضبيات صغيرة تنشأ عن نشاط عمليات النحت فى الكتل الصخرية ذات الطباقية الأفقية، وهى تشبه الموائد الصحراوية ولكنها تتميز عنها بعدم وجود تقويض جانبي عنه أسافلها، ولذا تبدو حوافها شديدة الانحدار ومصقولة بفعل الاكتساح بالرياح.



(شكل ٣) قواعد صخرية بالصحراء الشرقية المصرية، إرتفاعها يبلغ حوالى ٣٠ قدم ذات قشرة سطحية حديدية.. (AFTER WALTHER, 1924)

Buttes

(٣) التلال الشاهدة «القور»

يعد الجيولوجى الأمريكى Fremont اول من اقترح هذا المصطلح عام ١٨٤٥، ثم تناولته فيما بعد كتابات Gilbert and Gulliver 1895 وهو يطلق على الموائد الصحراوية حينما تتعرض سطوحها المعلقة للإنهيار نتيجة توالى عمليات التقويض السفلى بالمياه والاكساح بالرياح، لدرجة لاتقوى عندها القشرة الصخرية على ضغط توازنها فتنهار، ولكن تراكم المفتتات عند أقدام هذه التلال يعمل على حمايتها من عوامل النحت والإزالة لبعض الوقت، حتى تتمكن هذه العوامل من سحقها ونقلها من جديد.

Mashroom

(٤) عش الغراب

أحد الأشكال الصخرية الصحراوية ذات الطباقية الأفقية، وهو يشبه نبات عش

الغراب، ويمثل صخرة تشبه المائدة القائمة على عمود واحد محدود القطر بالنسبة للسطح العلوى المستوى عظيم الاتساع.

(٥) الأعمدة الصحراوية^(١) Desert Pillars and pyramids

أعمدة صخرية تنتهى إلى أعلى بكتلة جلمودية نتيجة وجود بقايا طبقة أفقية تعرضت للنحت، وقد يعزى حدوث بعضها إلى البريشيا البركانية أو الطفل الجلمودى أو الطفل الجليدى. وكثيراً ما تتعرض الشواهد الصحراوية buttes لعمليات التقويض الجانبي بالتجوية الكيميائية واكتساح المفتتات بالرياح، فتتآكل سفوحها وتتحوّل إلى أعمدة قائمة الشكل، تتوجها قلسوات رقيقة السمك ولكنها أكثر صلابة من الأعناق الهشة التى تحملها، وسرعان ما تتآكل هى الأخرى، وتنتهى الأعمدة وتزال مكوناتها بالاكتساح كمرحلة أخيرة من مراحل تشكيل السهل التحتاني. وتنتشر الأعمدة الصحراوية فى أجزاء متعددة من سطح الأرض، فتتمثل فى إقليم الأراضى الوعرة Badlands بولاية داكوتا الجنوبية.

وهناك اصطلاح فرنسى آخر يطلق على هذه الأعمدة هو أعمدة الدمازيل Domoiselle وبالغرب الأمريكى تعبیر Hoodoos، كما تتخذ هذه الأعمدة الشكل الهرمى Pyramids بولاية أوتاها الأمريكية.

Inselbergs

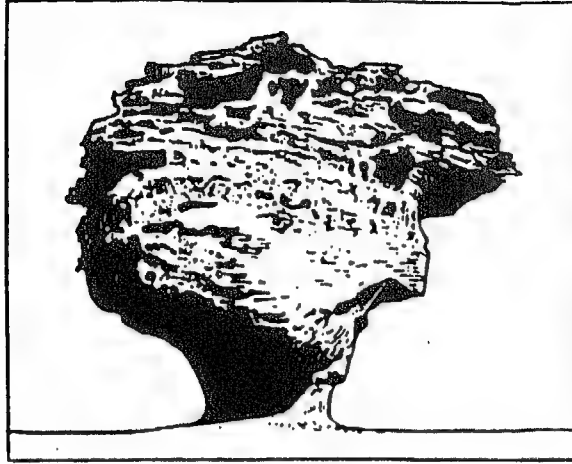
(٦) التلال الجزيرية المنفردة

تلال تبرز كالجزر وسط السهول الصحراوية، وهى تقابل اصطلاح Monadnock بالأقاليم الرطبة، وتعبير Mogate بالمناطق الكارستية، وإذا وصلت هذه التلال إلى مرحلة متقدمة من مراحل دورتها التحتانية يطلق عليها فى هذه الحالة تعبیر Hum. أما فى مرتفعات الأبلّاش فيطلق على هذه التلال المنفردة اسم «أوناكا»، بينما يطلق عليها فى جنوب أفريقيا تلال التافلكوب.

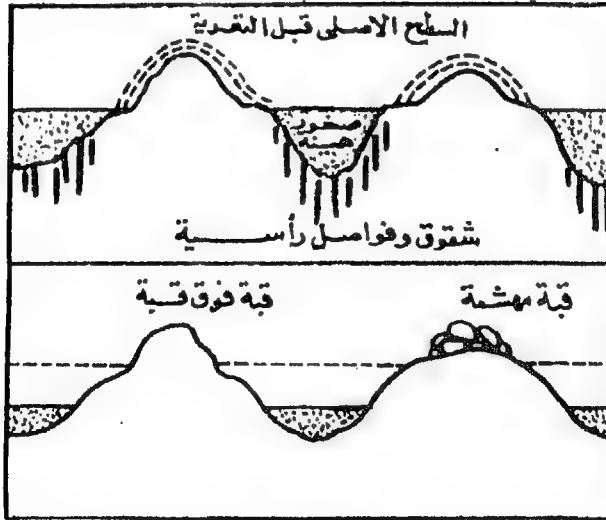
(١) راجع الأعمدة الترابية بأشكال النحت بفعل الرياح بالفصل الثالث

وتنشأ هذه التلال كظواهرات متبقية Residual Features عن نشاط التعرية خلال أعصر رطبة وجافة متعاقبة خلال فترات زمنية سابقة، حيث كانت تسود التجوية الكيميائية خلال الفترات الرطبة وتنشط خلالها عوامل النحت بالمياه، ماتلبث أن تكتسحها الرياح إبان مراحل الجفاف اللاحقة بها.

وتتخذ التلال المنفردة عدة أشكال فقد تبدو مخروطية الشكل مدببة القمة، أو مستوية السطح، وكثيراً ما تتخذ سطوحها المظهر القبابي المقوس، وهي عموماً تتشكل نتيجة التقطيع المستمر للكتل الهضبية. ومن أشهر التلال الجزيرية في العالم تلك المنتشرة بالأقليم الشمالى من استراليا، حيث ترتفع ثلاثة تلال من الكوارتزيت بأكثر من ألف قدم عن السهول المحيطة بها.



(شكل ٤) رسم توضيحي لعش غراب في جنوب إفريقيا.

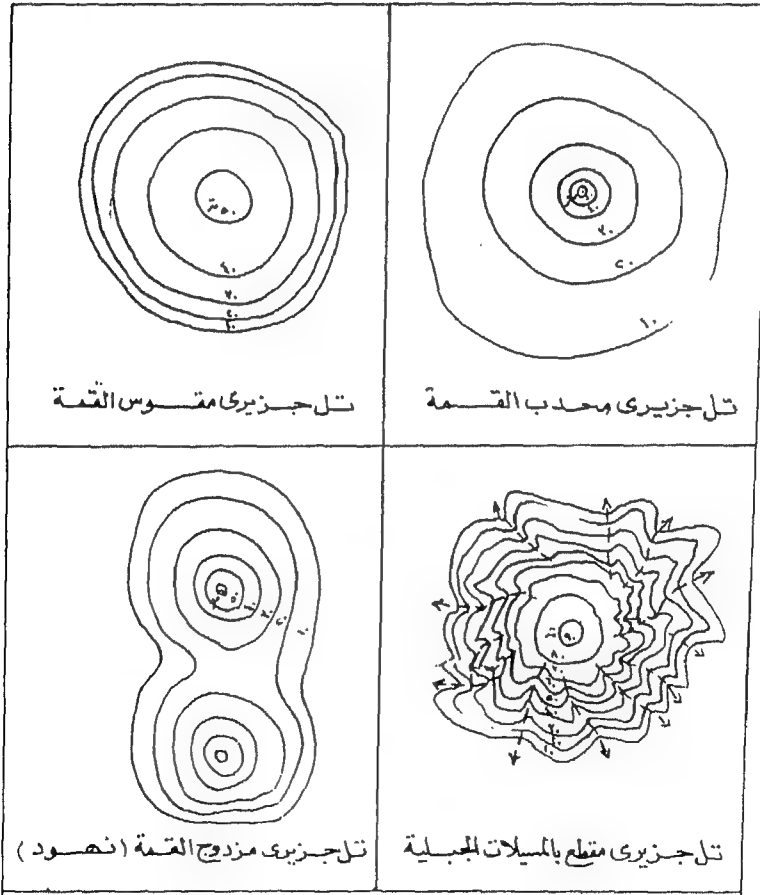


(شكل ٥) تشكيل تل جزيري مزدوج القمة من نوع (قبة فوق قبة)
(Dome on Dome inselberg)

Desert Breasts

(٧) التلال المزدوجة القمة (النهود الصحراوية)

عبارة عن تلال مزدوجة القمة تنشأ نتيجة وجود عامل ضعف جيولوجى يسهم فى زيادة معدلات النحت عبر نطاق الضعف، فيعمل على تقسيم الكتلة الصخرية إلى قسمين، يمثل كل قسم منهما إحدى القمم. وقد يكون عامل الضعف الجيولوجى أحد النظم المفصلية (شق أو فاصل صخرى)، مما يسمح بتوغل المؤثرات الجوية من تفاوت حرارى ومياه داخل الصخر، فيزيد من توسيعه وإنفصاله، وقد يكون عامل الضعف عبارة عن نطاق من الصخور اللينة، فيسهل إزالتها بعوامل التعرية.

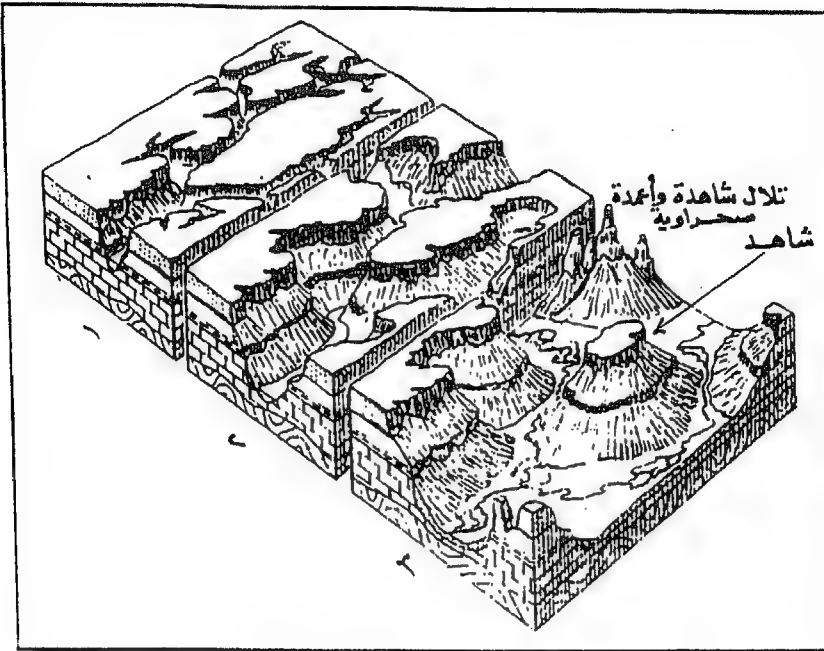


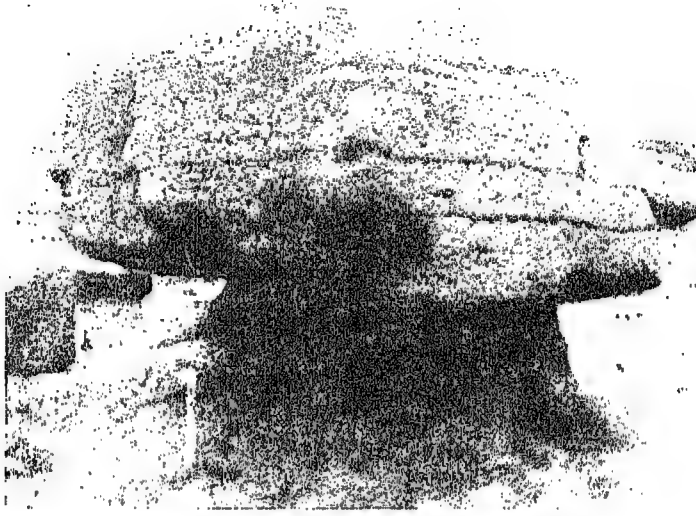
(شكل ٦) بعض التلال الجزيرية كما تظهر على الخرائط الكنتورية.

(٨) التطور الجيومورفولوجي لأشكال الشواهد الصحراوية Desert Witnesses-Zeugen

تتميز أشكال الشواهد الصحراوية بالتطور من مظهر لآخر، تبعاً لتأثير عوامل التعرية عليها، ويتباين معدل تطورها من شكل لآخر، بسبب اختلاف درجة الصلابة الصخرية لمكوناتها ومدى تأثيرها بأنظمة القواصل، وكذلك مدى توافر المياه والرطوبة الجوية، واقتراب مستوى الماء الباطني، إلى جانب شدة الرياح بالإقليم وظروفه المناخية الأخرى.

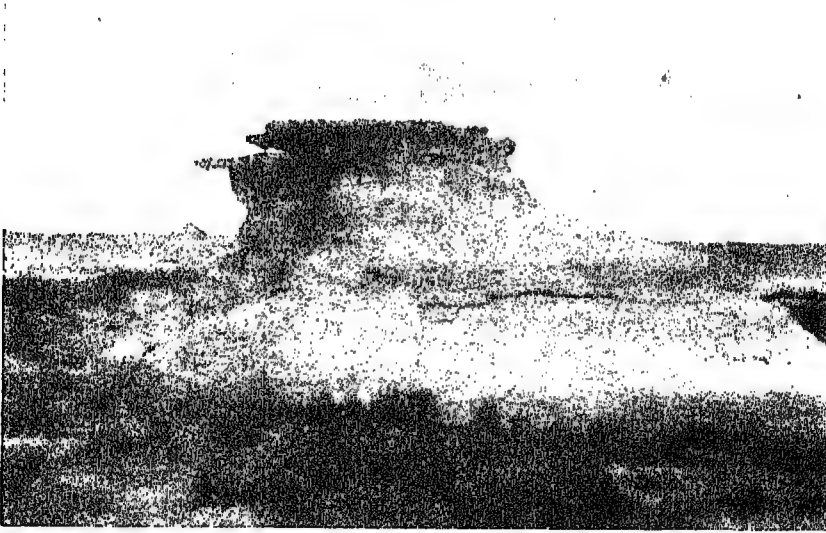
فقد تنهار الأجزاء العلوية للموائد الصحراوية وأعشاش الغراب، فتبدو كتلال شاهدة، وسرعان ما تتحول إلى أعمدة بارزة وسط السهول الصحراوية، مصيرها هي الأخرى النحت والإكتساح.



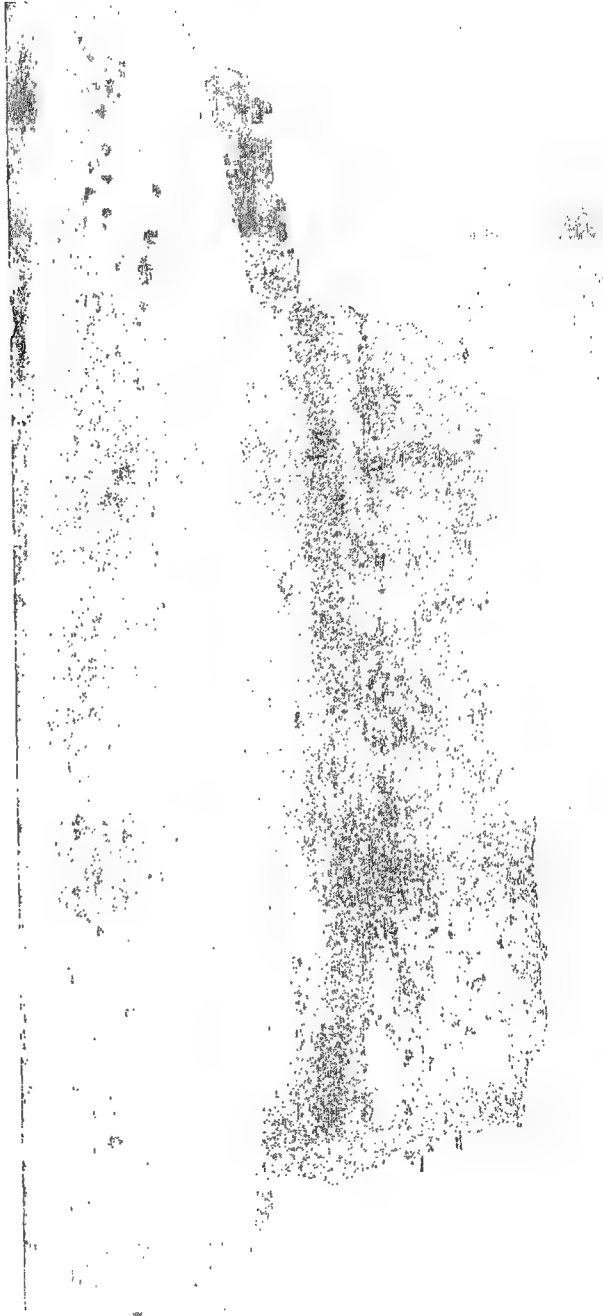


(صورة ٧) مائدة صحراوية مكونة من الحجر الرملي الكلسي الجوراسي، لاحظ التقويض الجانبي عند

أسفل المائدة Institute of geological sciences

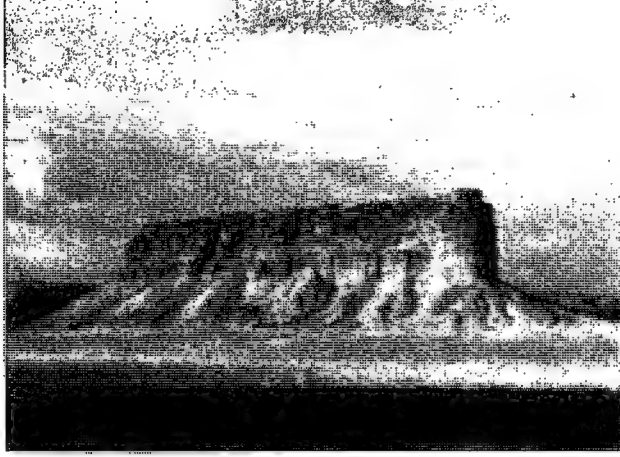


(صورة ٨) قاعدة صخرية بالهامش الشمالى الغربى لمنخفض القطارة، لاحظ استواء سطحها المغطى بطبقة رقيقه من طلاء الصحراء، والانحدار الشديد لسفوحها (مجدى تراب، ١٩٩٣)



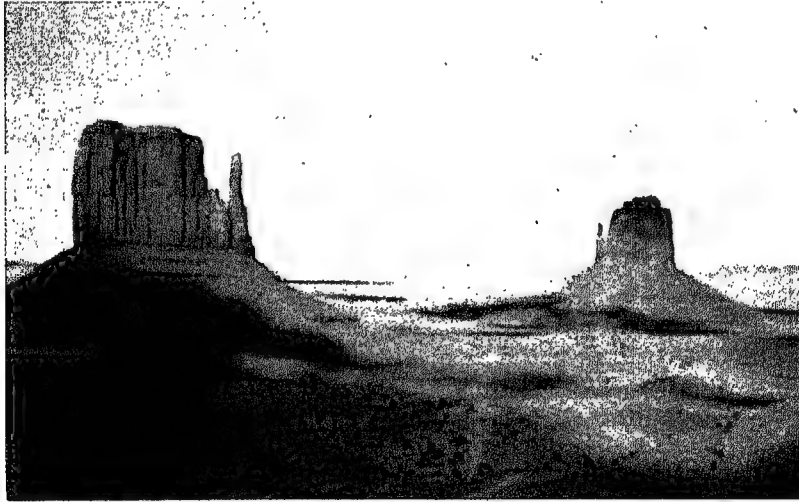
(صورة ٩) قارة أم الصغير بالهامش الشمالي لخفض القطارة، تظهر على سطحها بقايا منازل السكان
المنوعة من الطائفة الصحراوية، وتبدو آثار التقرير الجاني بعض المواد الزخفة على سفوحها (مبنى)

تراب، ١٩٩٣



(صورة ١٠) شاهد صحراوي بولاية أريزونا الأمريكية

(Institute of Geological Sciences)



(صورة ١١) شاهدان صحراويان بصحراء أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية يبلغ ارتفاعهما ٢٨٠، ٣٤٠

متراً، لاحظ تراكم المواد المجوّه عند أسافل الشاهد مما يعمل على حمايته من التقويض الجانبي بالمياه

(Institute of Geological Sciences)



صورة ١٢) عش غراب في أيرزونا
(Institute of Geological Sciences)

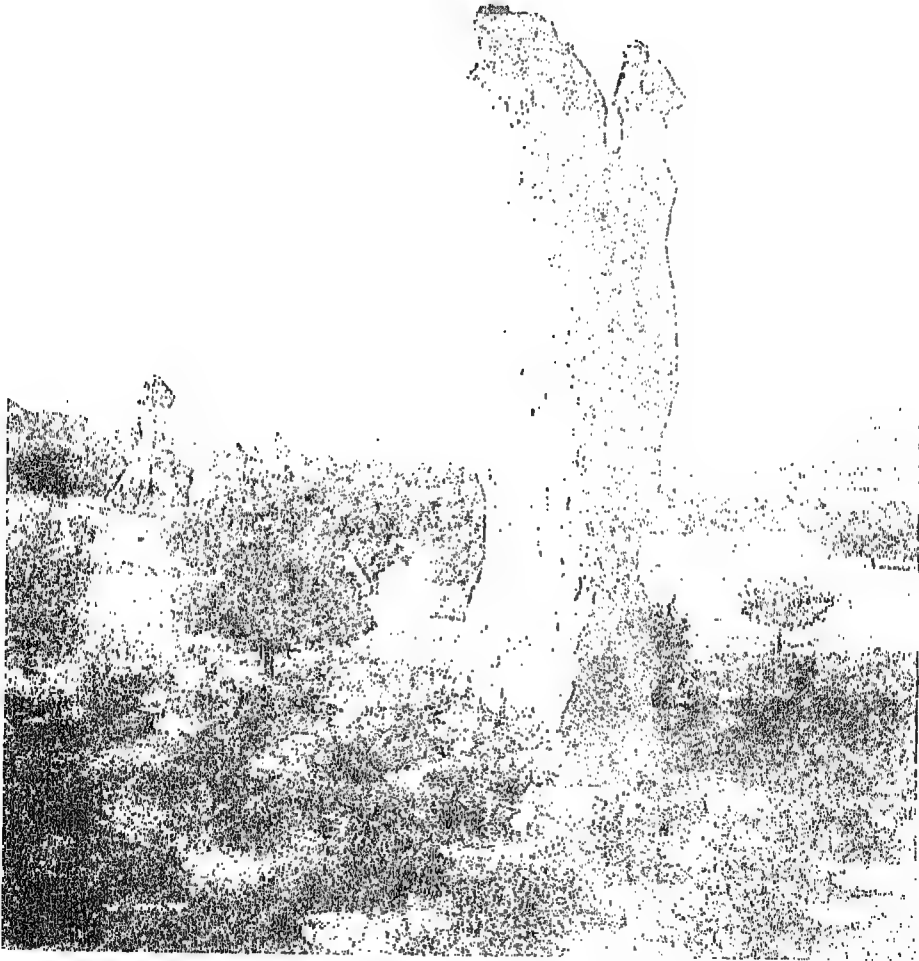


صورة ١٣) تل يشبه عش الغراب
أو الكأس بمنطقة أم الصغير على الهامش الشمالي
لنخفص القطارة، مكون في
الأحجار الرملية وتغطيه طبقة رقيقة من طلاء
الصحراء (مجدى تراب، ١٩٩٣)

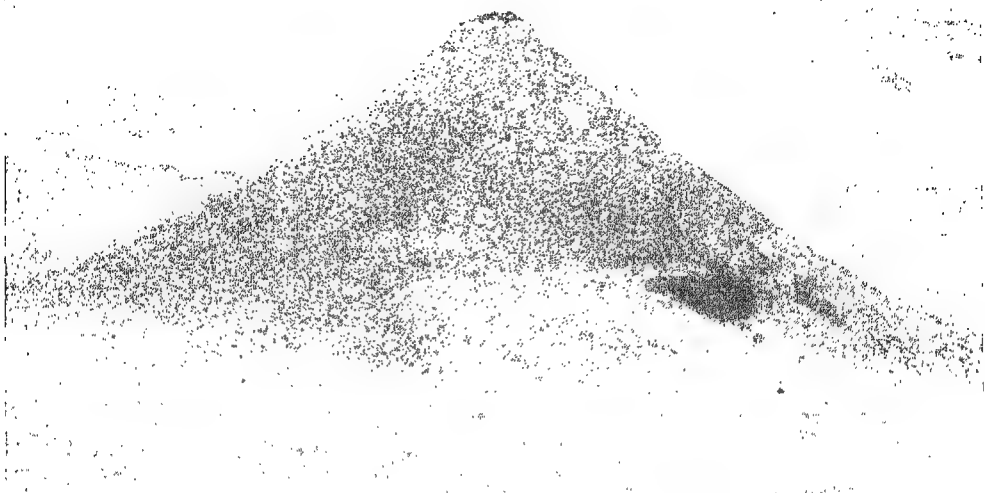


صورة ١٤) أعمدة صحراوية في الأحجار الرملية بمنطقة Goreme في Cappadocia بوسط تركيا (هيئة

السياحة التركية)

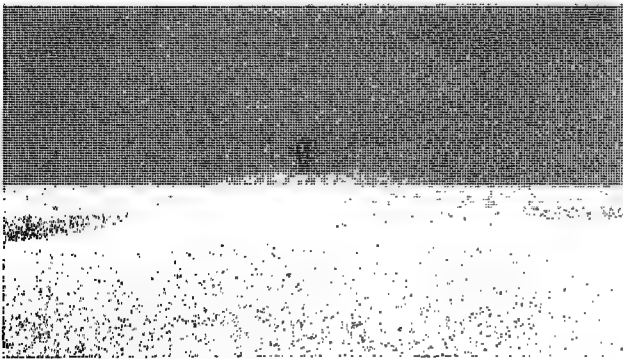
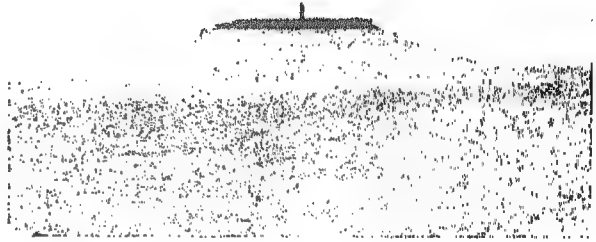


(صورة ١٥) مجموعة أعمدة صحراوية نشأت عن إنخفاض مستوى الماء الباطنى المصاحب لإنخفاض منسوب القاعدة العام خلال عصر البليستوسين بمنطقة وادى زليف Zelve بتركيا ، لاحظ بقايا الطبقة الأفقية التى ساعدت على حماية العمود الصحراوى من تأثير عوامل التعرية وإمتداد هذه الطبقة بجميع الأعمدة المتناثرة بالمنطقة وعلى نفس المستوى (هيئة السياحة التركية).



(صورة ١٦) تل جزيرى مخروطى cone جبل قطرانى شمال منخفض الفيوم، لاحظ شظايا البازلت المنتشرة على سفوح التل.

(صورة ١٧) تل جزيرى مسطح القمة على الهوامش الشرقية لمنخفض سيوة، لاحظ القشرة الملحية المكونة بالسهول المحيطة بالتل بتأثير الرطوبة الجوية، والطبقة الصلبة التى تعمل على حماية التل.



(صورة ١٨) تل جزيرى مقوس القمة بمنطقة قريشت على الهوامش الشرقية لمنخفض سيوة، لاحظ المظهر المورفولوجى للتل بعد إزالة الطبقة الصلبة التى كانت تحمى سطحه العلوى.



(صورة ١٩) تل جزيرى مزدوج القمة بمنطقة أم الصغير على الهوامش الشمالية لمنخفض القطارة.

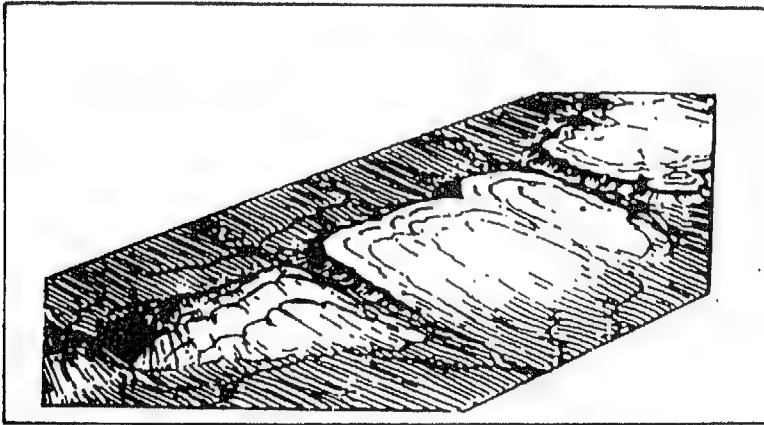
ثانياً : اشكال الطبقات الصخرية المائلة

Cuesta - Questa

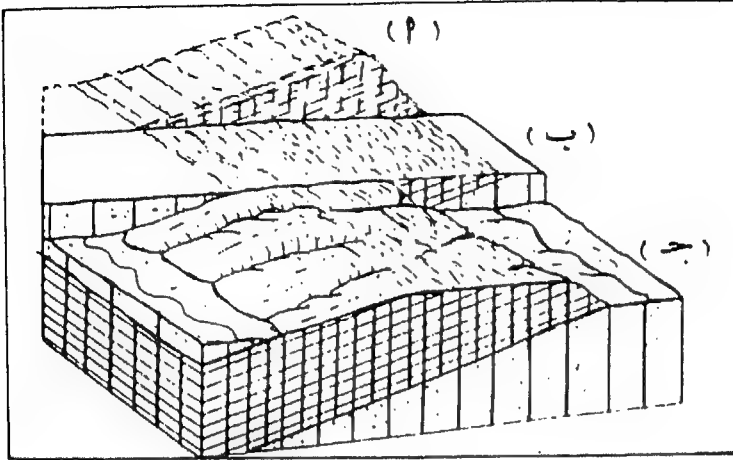
(١) الكويستا

تعد الكويستا من أهم الظاهرات الجيومورفولوجية التي تنشأ نتيجة التباين في التركيب الصخري ونظام بنائه، وهى ليست قاصرة على المناطق الجافة ولكنها تنتشر فى جميع النطاقات المناخية بالكرة الأرضية.

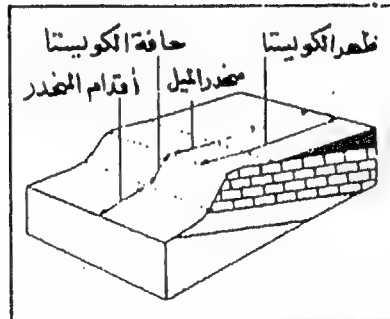
ويتألف الشكل العام للكويستا من حافة ذات انحدارين متضادين، الأول شديد عكس اتجاه ميل الطبقات ويعرف باسم الحافة Escarpment، ويمثل الآخر سطح الكويستا ويميل ببطء شديد مع اتجاه ميل الطبقات Dip، ويطلق عليه اسم انحدار ميل الطبقات، أو انحدار ظهر الكويستا Dip-Slop، ويتراوح انحداره بين نصف الدرجة وحوالى الخمس درجات. ويتشكل التابع الطبقي للكويستا عادة من طبقات رسوبية مائلة متباينة الصلابة، تعرضت لعوامل التعرية المختلفة مكونة حافة الكويستا (حسن أبو العينين، ١٩٦٨).



(شكل ٩) الشكل الجيومورفولوجى العام لكل من : المائدة الصحراوية والكويستا وظهر الميمون (من اليمين لليساار).



(شكل ١٠) تأثير عوامل التعرية على الكويت (After cotton, 1948).



(شكل ١١) أجزاء الكويستا (After cotton, 1948).

(٢) أظهر الميمون

Hogbacks-Razorbacks

عبارة عن حافات صخرية شديدة الانحدار تتبع ميل الطبقات (أكثر من ٥٠ درجة)، أما الحافات التي يتراوح ميل طبقاتها بين (٢٠ - ٥٠ درجة) فيطلق عليها مصطلح منحدر صخري (منحدر الميل) Face Slope - Scarp Slope، أما الحافات الهينة الانحدار التي يقل ميل طبقاتها عن ذلك فيطلق عليها تعبير كويستا Cuesta. وتشكل حافات أظهر الميمون Hogbacks نتيجة تتابع الطبقات المائلة الصلبة والضعيفة، وتباين تأثير عوامل التعرية عليها، وهناك عدة أنماط من هذه الحافات هي:

١- حافات أظهر الميمون القبابية

Domed Hogbacks

مثل حافات مرتفعات هنرى Henry mt. بولاية أوتاه الأمريكية المتكونة في قباب اللاكوليث.

٢- حافات أظهر الميمون ذات التداخلات النارية

Intrusive Hogbacks

(الناجمة عن تداخل القواطع النارية Dikes)

٣- حافات أظهر الميمون الانكسارية

Faulted Hogbacks

(الناجمة عن الحافات الإنكسارية)

٤- حافات أظهر الميمون الالتوائية

Recumbent Folded Hogbacks

(الناجمة عن الحافات الالتوائية المضجعة أو النائمة Recumbent Folds).

٥- حافات أظهر الميمون المرفوعة وحيدة الجانب

Monoclinal Hogbacks

(الناجمة عن الالتواءات وحيدة الميل Monoline Folds)

Limestone Hogbacks

٦- حافات أظهر الميمون الجيرية

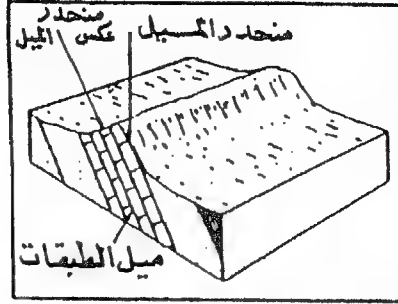
مثل الحافات اقليم الكارست في استريا Istria يوغسلافيا

Buried Hogbacks

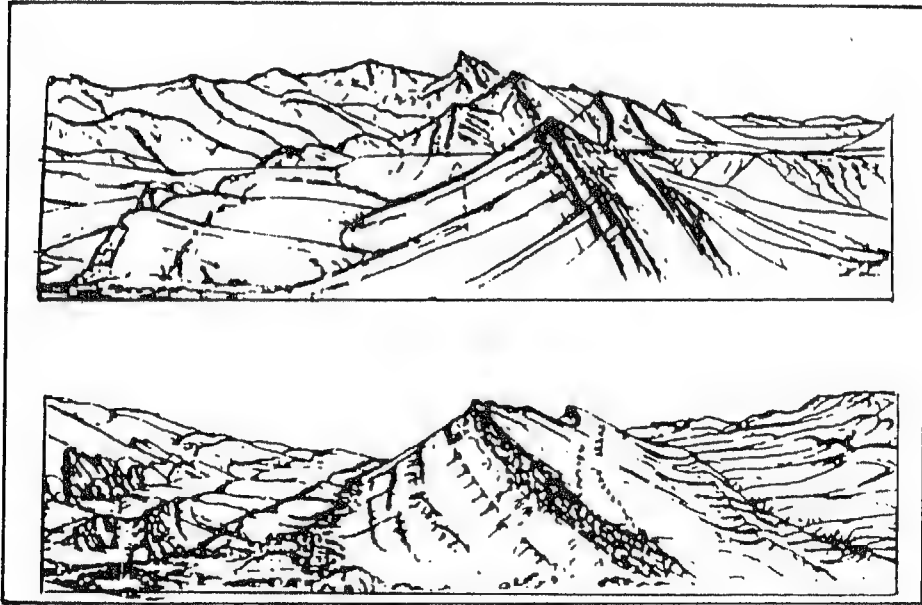
٧- حافات أظهر الميمون المدفونة بالارسابات الفيضية

وهى تلك الحافات المدفونة اسفل الارسابات الفيضية للأودية الجافة والمراوح الفيضية والباجادا.

وتتميز أظهر الميمون عن الحافات الرأسية Homoclinal Ridges فى أن إنحدارها يتبع ميل الطبقات، أما الثانية فإن إنحدارها العام عكس ميل الطبقات Anti-Dip Slope.

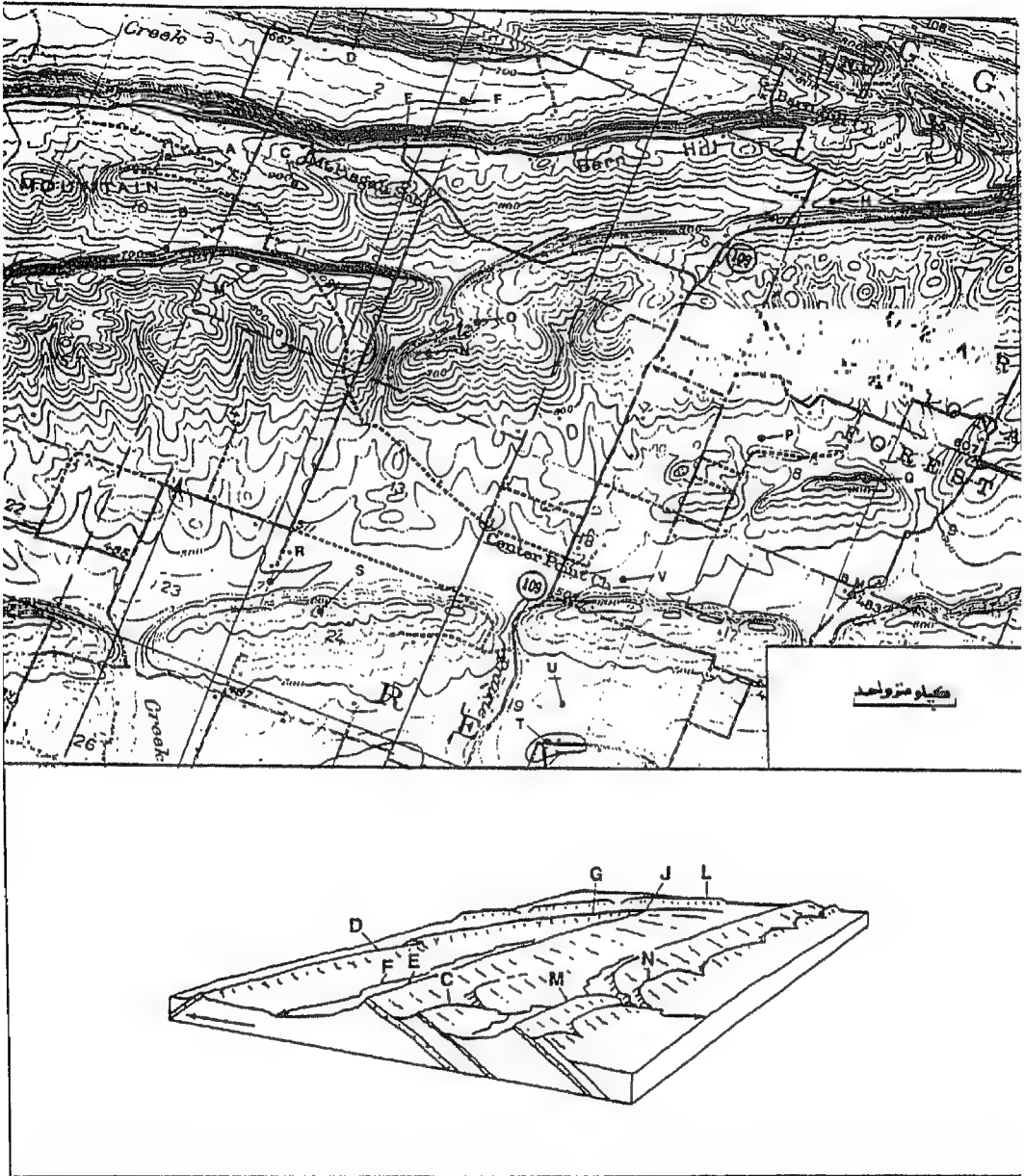


(شكل ١٢) أجزاء ظهر الميمون

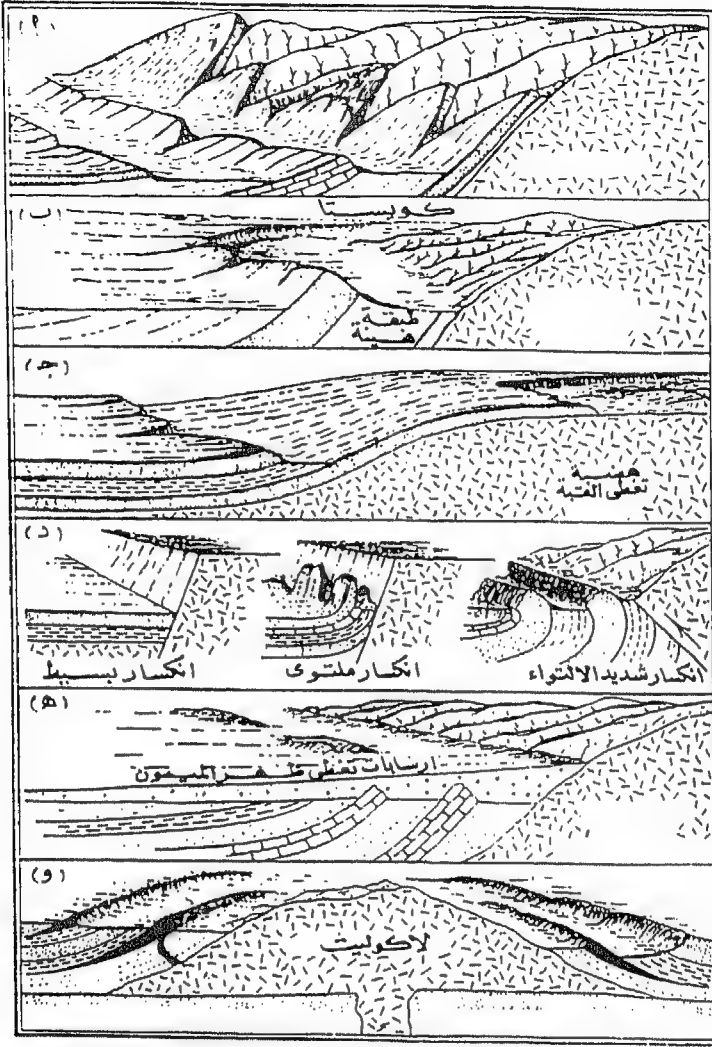


(شكل ١٣) أظهر الميمون في صخور جيوراسية بولاية كلورادو الأمريكية.

(After Monkhouse, F., and Small, 1978)



(شكل ١٤) خريطة طبوغرافية وشكل مجسم يوضح مجموعة من حافات أظهر الميمون في منطقة Boonville بولاية أركنساس الأمريكية. قم بمضاهاة مواقع الحروف الموضحة بالمجسم بما يقابلها على الخريطة (After Miller, V. and Westerback, M., 1988)



(شكل ١٥) بعض أنماط أظهر الميكون (After Lobeck, 1939)

(أ) أظهر الميكون الألتوائية

(ب) أظهر ميكون متحولة عن كويستا بسبب تزايد ميل الطبقات

(ج) هضبة التوائية تغطي قبة بركانية

(د) أظهر الميكون الانكسارية

(هـ) أظهر الميكون المدفونة

(و) أظهر الميكون البركانية



(صورة ٢٠) ظهر ميمون في منطقة zuni بولاية داكوتا الأمريكية

(Science Air Photoes)

Folding Features

ثالثاً : الأشكال الالتوائية

تتعرض القشرة الأرضية لحركات رفع تكتونية بطيئة خلال فترات طويلة من التاريخ الجيولوجي، وتعد الطبقات الصخرية الرسوبية الحديثة العمر الجيولوجي من انسب الصخور استجابة لحركات الثني والطي.

فإذا تعرض القسم الأوسط من الطبقات الصخرية لحركة رفع نجد انها تؤدي لثني هذه الطبقات لأعلى. ثنيات محدبة Anticlines وتفصل بينها ثنيات مقعرة Synclines.

Fold elements

(١) عناصر الالتواء

أعلى نقطة في الثنية المحدبة.	قمة الثنية (الالتواء) Crest:
أدنى نقطة في الثنية المقعرة.	قاع الثنية (الالتواء) Trough:
الجانبان اللذان تميل فيهما الصخور في اتجاهين متقابلين.	جانب أو جناح الثنية Limb:
المحور أو المستوى الذي تنشئ حوله الطبقات الصخرية، وقد يكون هذا المحور عمودياً أو مائلاً أو أفقياً.	محور الالتواء Axis of Fold:
الزاوية التي يصنعها خط قمة الثنية مع المستوى الأفقي، وتحدد قيمة هذه الزاوية مقدار غطس الثنية.	زاوية مستوى المحور Pitch:
المسافة التي تمتد فيها الثنية مع مضرب الطبقات.	طول الثنية Fold Length:
المسافة التي تشكلها الثنية في اتجاه ميل الطبقات.	عرض الثنية Fold Width:

Folding Forms

(٢) أشكال الثنيات:

تأخذ الثنيات أشكالاً متعددة إلا أنه يمكن تقسيمها إلى مجموعتين أساسيتين

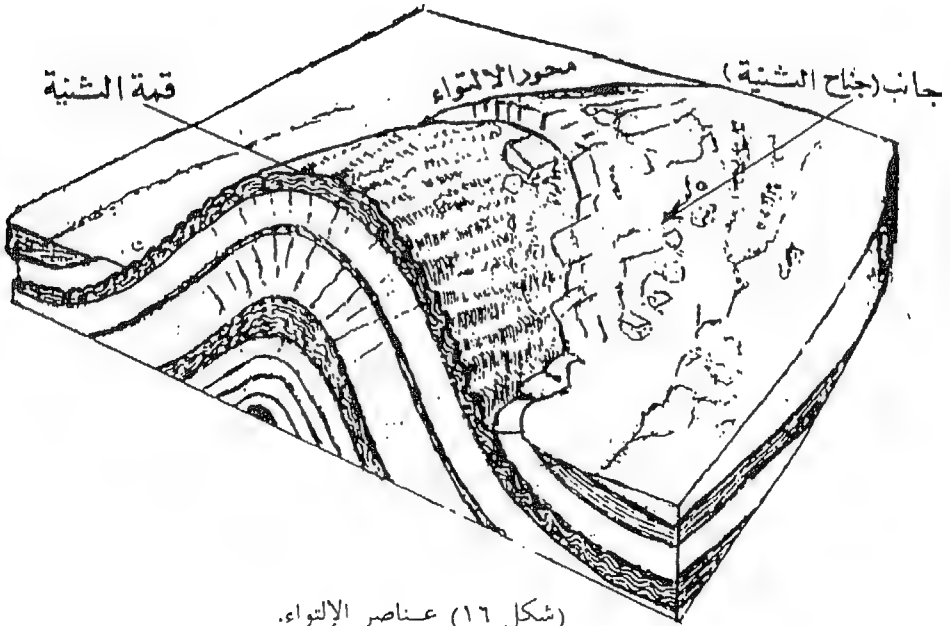
هما:

(أ) الثنيات المحدبة والمقعرة المتماثلة Symmetrical وهى التى تتساوى زاوية ميل الطبقات على جانبيها.

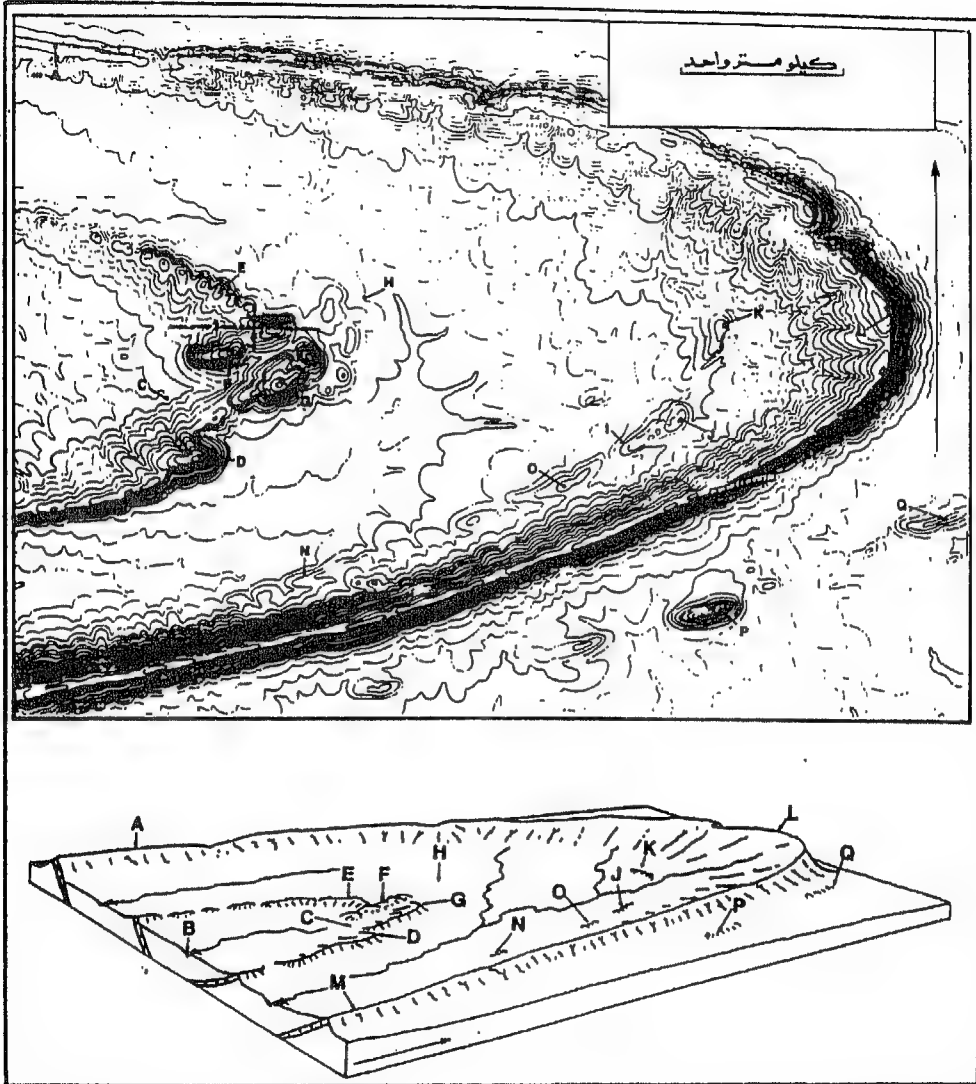
(ب) الثنيات المحدبة والمقعرة غير المتماثلة Assymetrical وهى التى لا تتساوى زاوية ميل الطبقات على جانبيها.

وتبعاً لإختلاف زاوية ميل الطبقات وخصائصها العامة تقسم الثنيات إلى الأشكال الآتية:

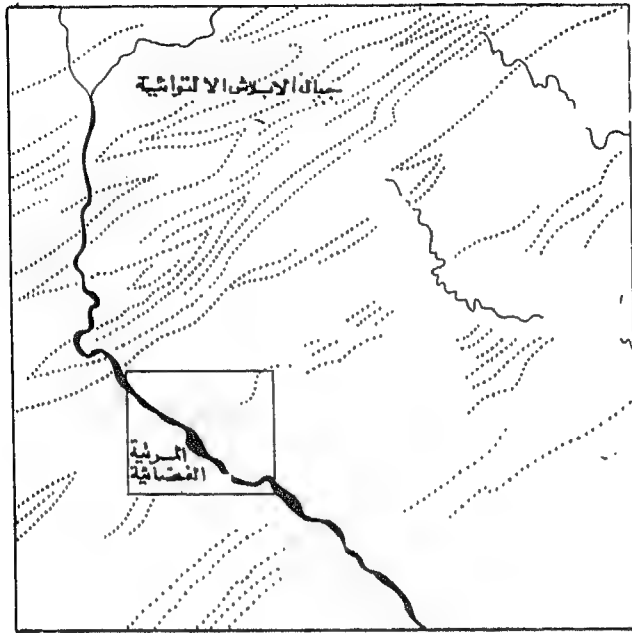
- | | |
|--------------------|-----------------|
| ١- وحيدة الجانب. | ٢- مقلوبة. |
| ٣- نائمة أو مضجعة. | ٤- نائمة صدعية. |
| ٥- متوازية. | ٦- ملتوية. |
| ٧- محدبة عظمى. | ٨- مقعرة عظمى. |



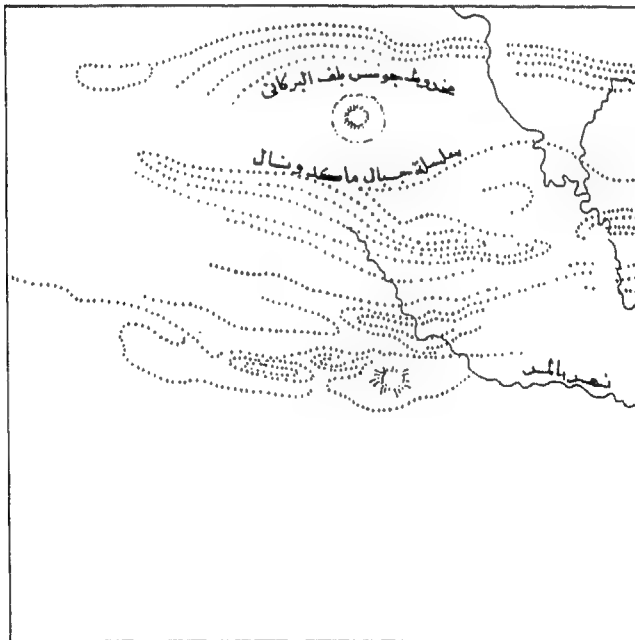
(شكل ١٦) عناصر الإلتواء.



(شكل ١٧) ثنية مقعرة بمنطقة Cato بولاية أركنساس الأمريكية كما تبينها الخريطة الطبوغرافية والشكل الجسم (After Miller, V., and Westerback, M., 1988)



(شكل ١٨) موقع المريّة الفضائية بصورة رقم ٢٣.

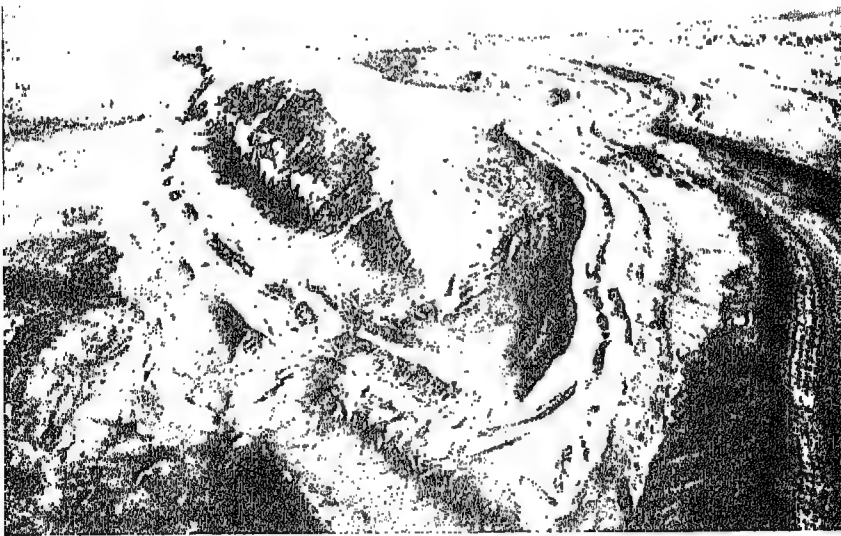


(شكل ١٩) موقع المريّة الفضائية بصورة رقم ٢٤.



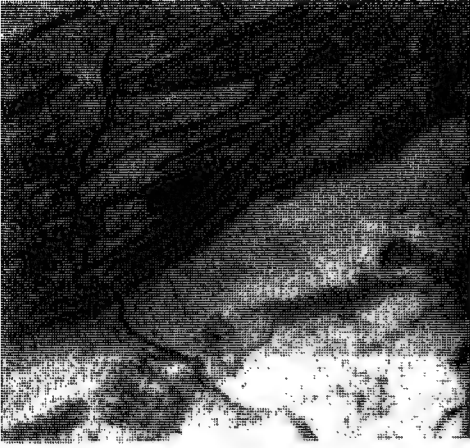
(صورة ٢١) التواء وحيد الجانب في الحجر الرملي والشيل في وسط إنجلترا

(British Geological Survey)



(صورة ٢٢) ثنية محدبة في منطقة جبل شيب - Sheep بولاية Wyo الأمريكية

(After Shelton, J. S., 1966)



(صورة ٢٣) مرئية فضائية لجزء من جبال الألباش
الإلتوائية شرقى ولاية بنسلفانيا
«لاندسات، ألوان غير حقيقية»
(After Francis, P., and Jones, P., 1985)

(صورة ٢٤) مرئية فضائية لسلسلة جبال مكدونال
الإلتوائية القديمة بوسط استراليا، لاحظ بقايا
المخروط البركانى أعلى الصورة. «لاندسات، ألوان
غير حقيقية»
(After Francis, P., and Jones, P., 1985).

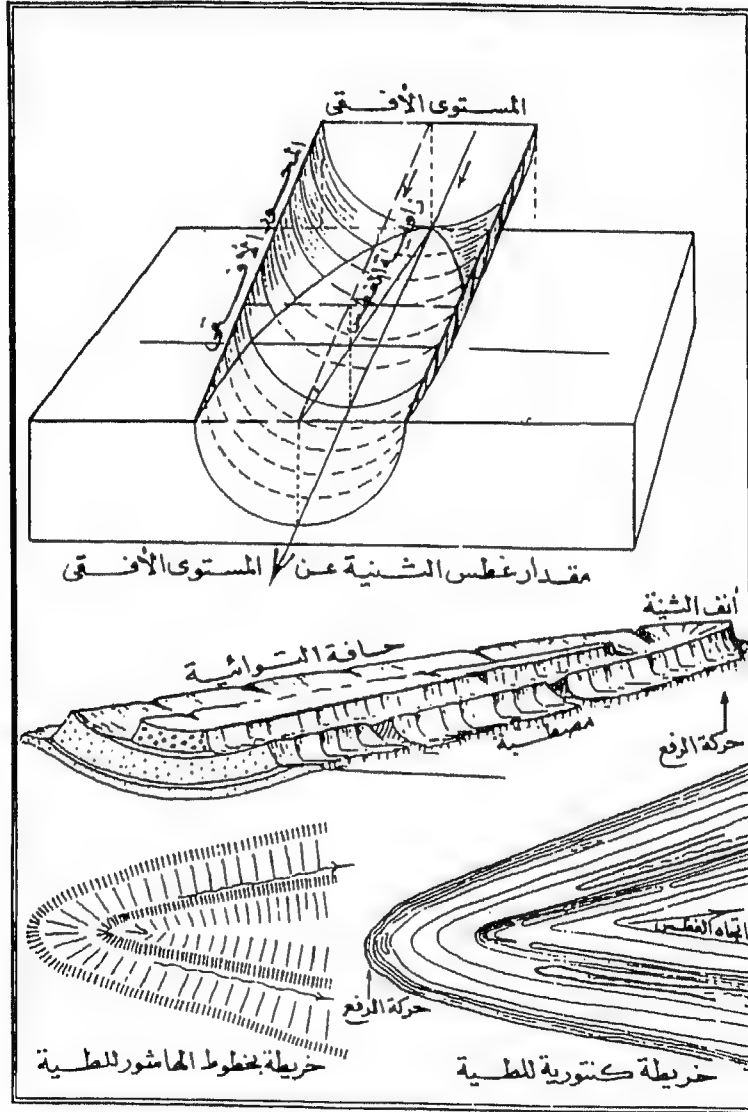


(صورة ٢٥) نهر ياغتسى أطول أنهار قارة آسيا
يخترق سلسلة جبلية إلتوائية فى مقاطعة Szech-
wan فى الصين «لاندسات، ألوان غير حقيقية»
(After Francis, P., and Jones, P., 1985)

Pitching Anticlines and Synclines

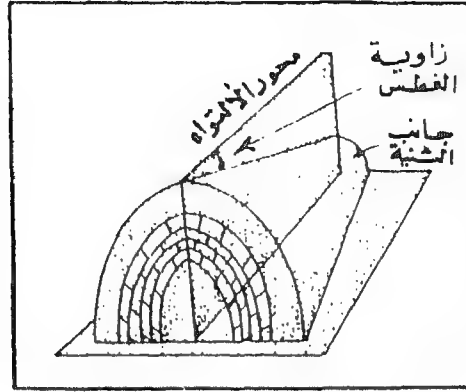
(٣) الطيات المحدبة والمقعرة الغاطسة

ثنيات أو طيات تميل محاورها ميلاً شديداً نتيجة عدم انتظام حركة الرفع التكتونية المشكلة للثنية. مما يؤدي إلى زيادة قيمة زاوية مستوى المحور Pitch.

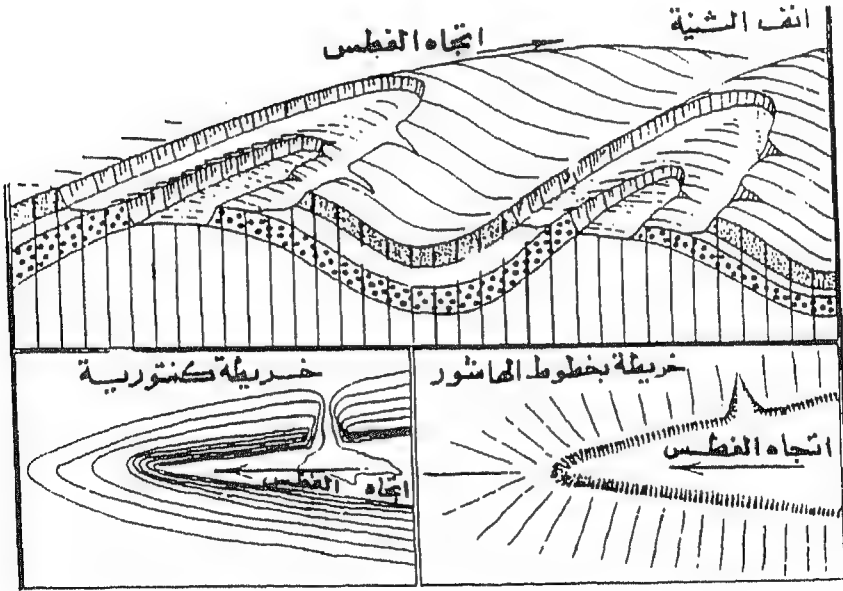


(شكل ٢٠) طية مقعرة غاطسة معبراً عنها برسم

توضيحي وخريطة كنتورية هاشور ومجسم



(شكل ٢١) أجزاء الشية الغاطسة



(شكل ٢٢) طية محدبة غاطسة معبراً عنها
بمجموع وخريطة كنتورية وخريطة هاشور

Tectonic Domes**(٤) القباب التكتونية (الالتوائية)**

قباب دائرية الشكل تنتج عن حركات الرفع الأرضية، ويتجه ميل الطبقات في هذه الحالة من نقطة مركزية تمثل قمة القبة صوب جميع الاتجاهات المحيطة بها، أى إشعاعية الميل Radiating Dip. ومن أوضح أمثلتها قبة أديرونذاك Adirondack بولاية نيويورك الأمريكية، وقباب بلاك هيلز Black Hills بولاية داكوتا الجنوبية وبالقرب من مدينة نيومكسيكو.

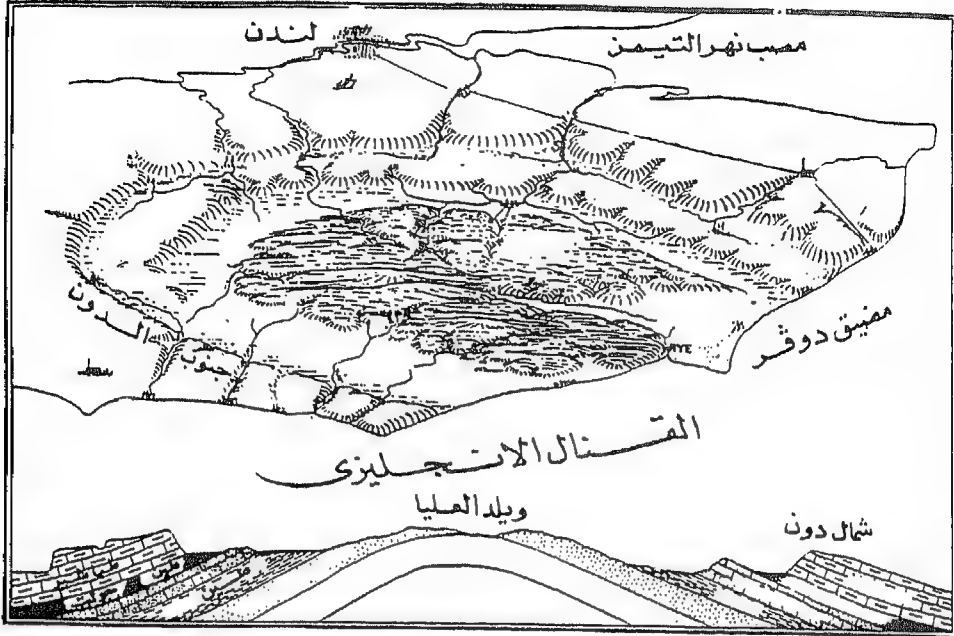
Tectonic Basins**(٥) الأحواض التكتونية (الالتوائية)**

منخفضات مغلقة تشبه الأطباق Saucer - Like Form دائرية الشكل، تنشأ بفعل الحركات التكتونية، وتظهر الأحواض التكتونية في المناطق التي لم تتأثر بعد بظاهرة الانقلاب التضاريسى التي تعمل على طمس التركيب الصخرى الأصلية، حيث تتحول المحدبات إلى أجزاء منخفضة من سطح الأرض، بينما تتحول المقعرات إلى مناطق هضبية الشكل، مرتفعة المنسوب نسبياً، تبعاً لتجمع الرواسب فيها.

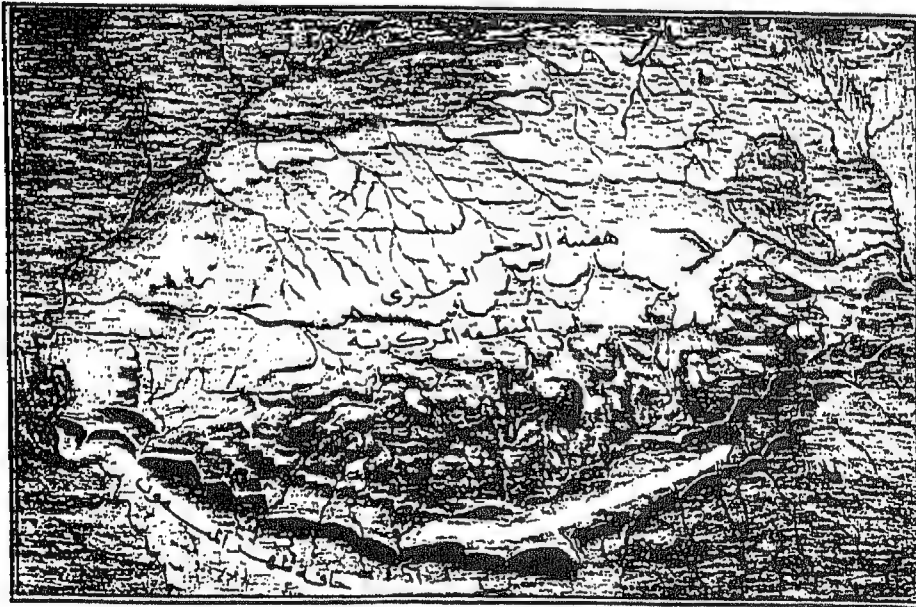
Zigzag Folds**(٦) الطيات الزجراجية (الملتوية)**

تشكل فى بعض الأحيان مجموعات متجاورة من الثنيات المحدبة بالتتابع مع الثنيات المقعرة، وتتميز بأن محاورها عمودية أى رأسية وتتماثل جوانبها من حيث الشكل ومقدار ميل طبقاتها. وتسهم هذه الطيات فى تكوين سلاسل من الحافات الصخرية الزجراجية Zigzag Ridges، وتفصلها نظم التصريف المائى الشبكي

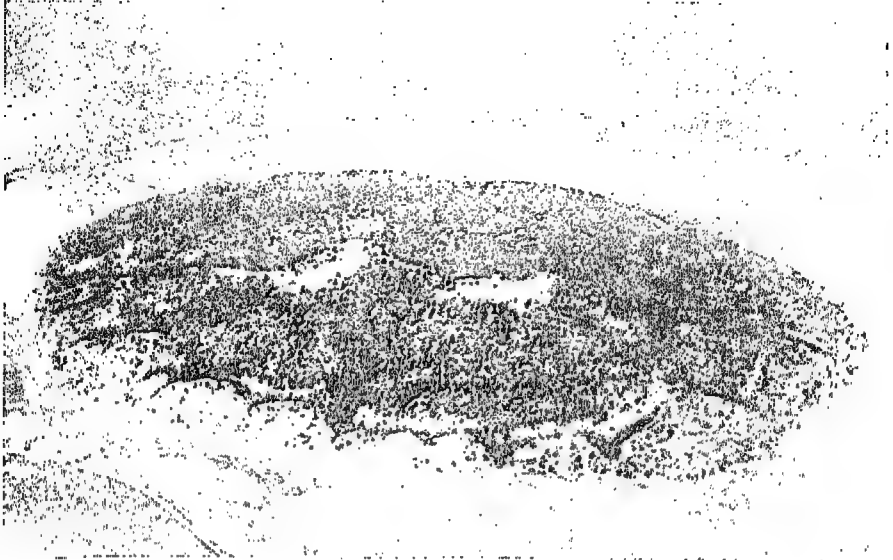
(المتشابه) Trellis Drainage Patterns



(شكل ٢٣) قطاع جيولوجى ومجسم للعبة الألتوائية فى إقليم
Weald البريطانى (After Lobeck, A., 1939)

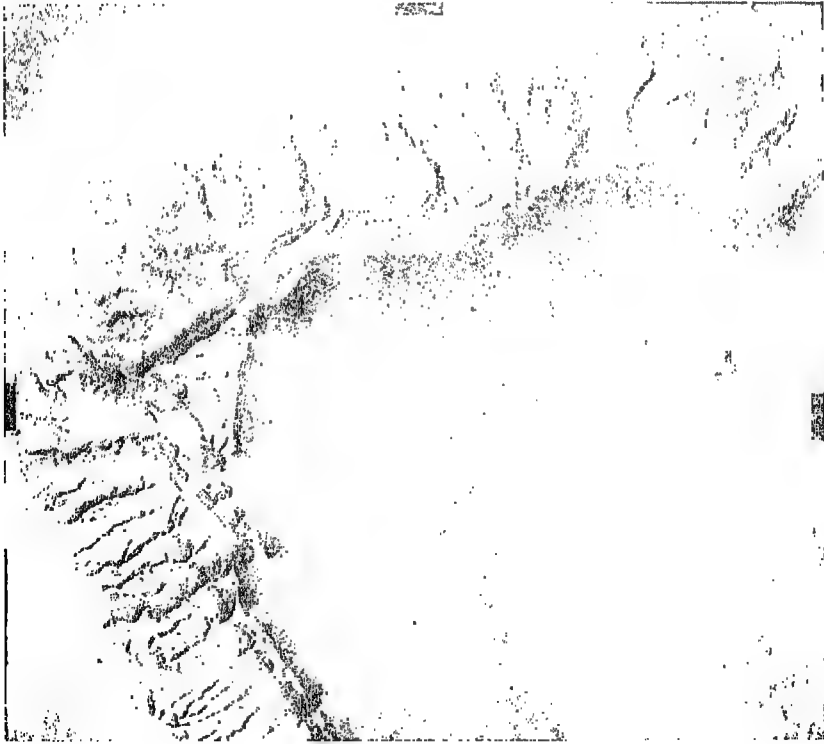


(شكل ٢٤) القبة الألتوائية فى إقليم بلاك هيلز
(After Lobeck, A., 1939)



(صورة ٢٦) قبة التوائية في تكوينات الحجر

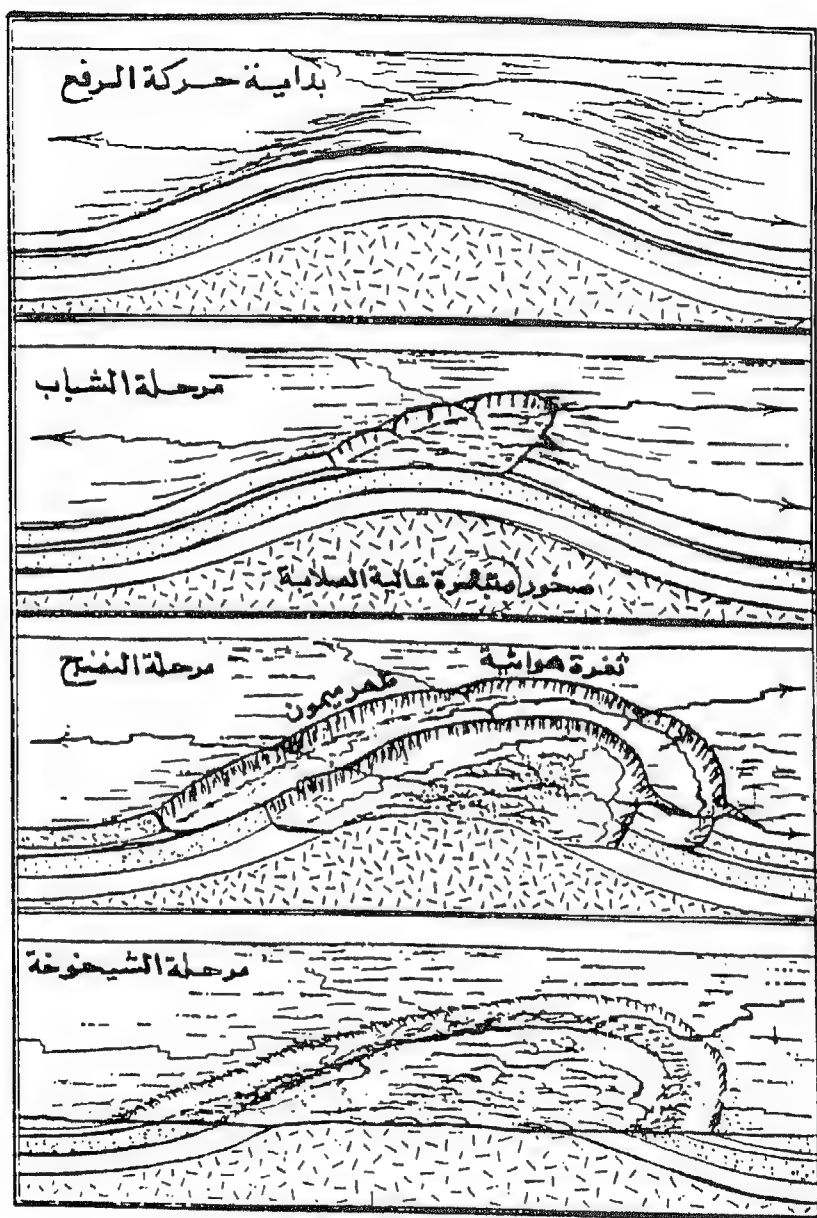
الجيري (Science An Photoes) .



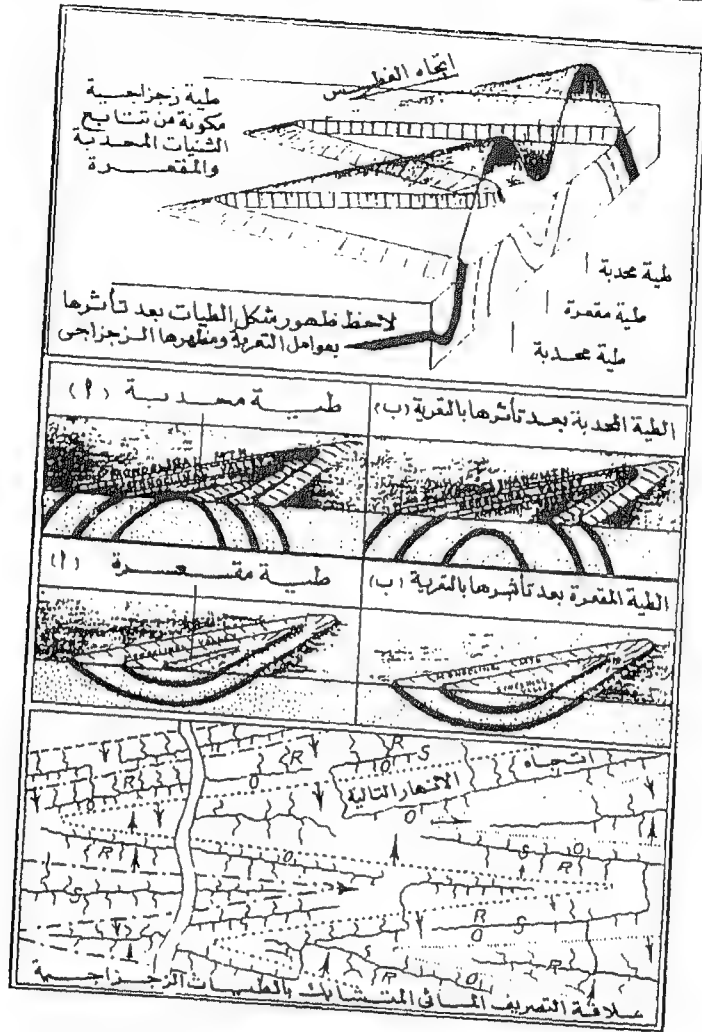
(صورة ٢٧) صورة جوية توضح جزء من قبة التوائية بمنطقة ابن عباس غرب

Zemhamr بإيران، لاحظ تمكن عوامل التعرية من إزالة تكوينات القبة وتحزب حوافها بالمسيلات الجبلية

مهدهاه من . R , prof. D. Chorley



(شكل ٢٥) تأثير عوامل التعرية على القباب الالتوائية



(شكل ٢٦) حافات ناتجة عن الطيات الملتوية الزجاجية
(After Lobeck, A., 1939)

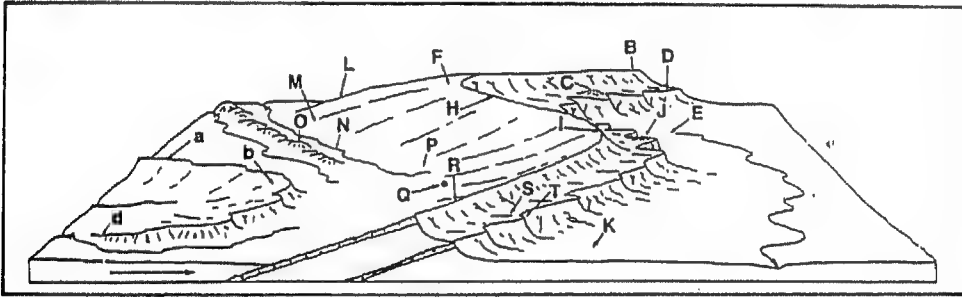
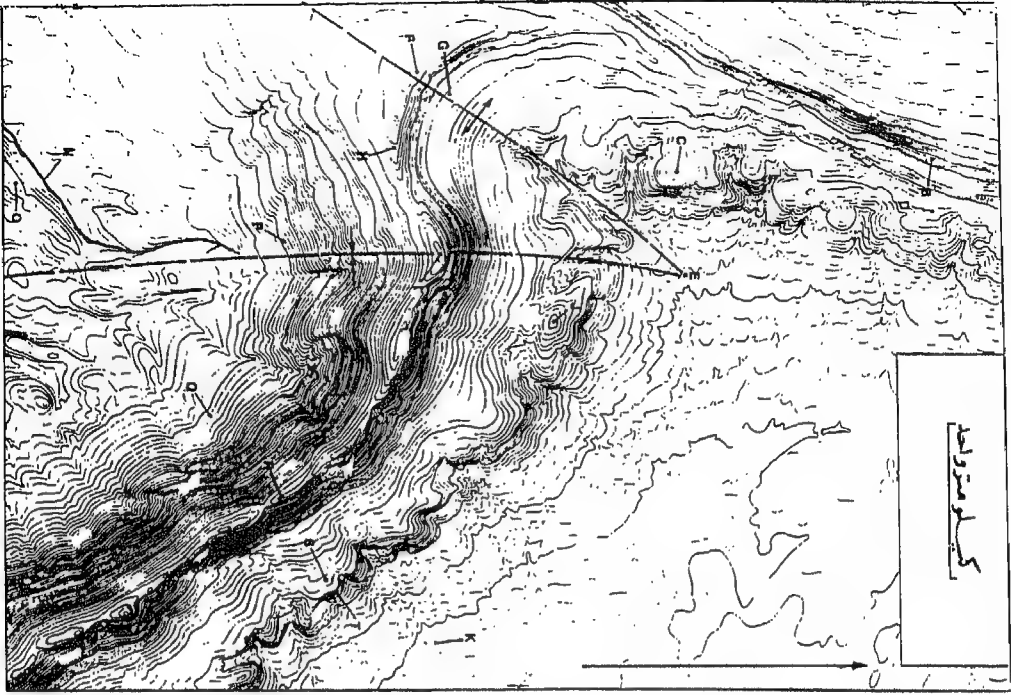
الرموز:

الأنهار التالية S

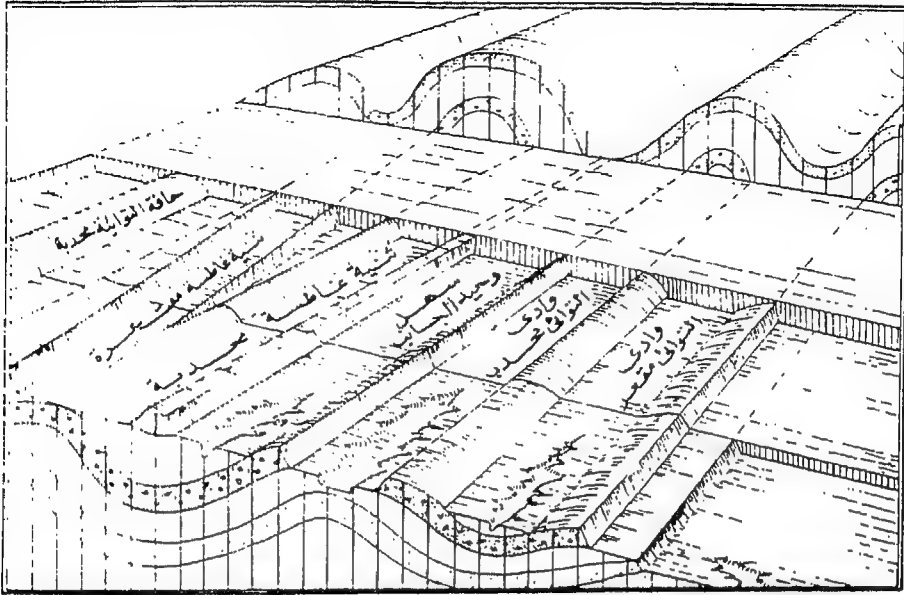
الأنهار العكسية O

الأنهار الثانوية التابعة R

اتجاه ميل الطبقات ↘

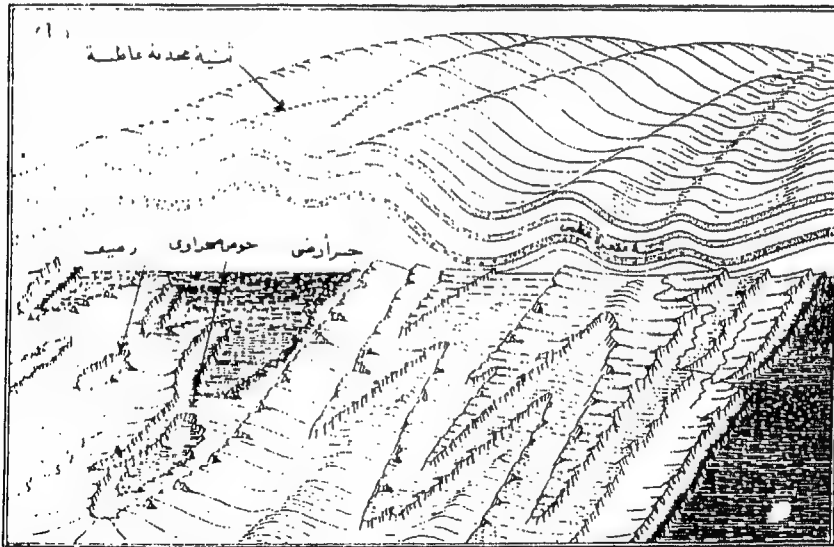


(شكل ٢٧) طية زجاجية في منطقة New Enterprise بولاية بنسلفانيا الأمريكية، توضحها خريطة طبوغرافية وشكل مجسم (قم بمضاهاة مواقع الأحرف الموضحة على الخريطة والمجسم)، (After Miller, V., and Westback, M., 1988)



(شكل ٢٨) دورة التعرية في السلاسل الجبلية الالتوائية

(After Lobeck, A., 1939)



(شكل ٢٩) بعض الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن التيارات الخفيفة والمنخفضة

(After Lobeck, A., 1939)

Faulting Features

رابعاً : الانكسار الانكسارية

تحدث الحركات الإنكسارية التكتونية نتيجة قوى الشد والضغط التي تتعرض لها صخور القشرة الأرضية. وهناك عدة مرادفات تستخدم للدلالة على هذه الحركات مثل الصدوع والعيوب والفوالق وغيرها.. وقد تكون الحركة الإنكسارية رأسية أى تتحرك الطبقات عبر خط الانكسار رأسياً، أو تتزحزح جانبياً (أفقياً).

(١) عناصر أو أجزاء الانكسار (الصدع).

سطح الانكسار Fault Surface: السطح الذى تتحرك الطبقات على امتداده سواء رأسياً أو أفقياً.

مرمى الانكسار Throw of fault: البعد أو المسافة الرأسية التى تتحركها الطبقات عبر سطح الانكسار بشرط أن يتم القياس عمودياً على اتجاه الطبقات.

ميل الانكسار Dip of Fault: الزاوية المحصورة بين ميل سطح الانكسار ومستواه الأفقى، ويعرف الخط العمودى على ميل الانكسار باسم مضرب الانكسار.

الجانب المرفوع Up throw side: جانب الانكسار الذى ارتفع إلى أعلى على طول سطح الانكسار. أما الجانب الذى انخفض لأسفل فيطلق عليه اسم الجانب الهابط Down throw side.

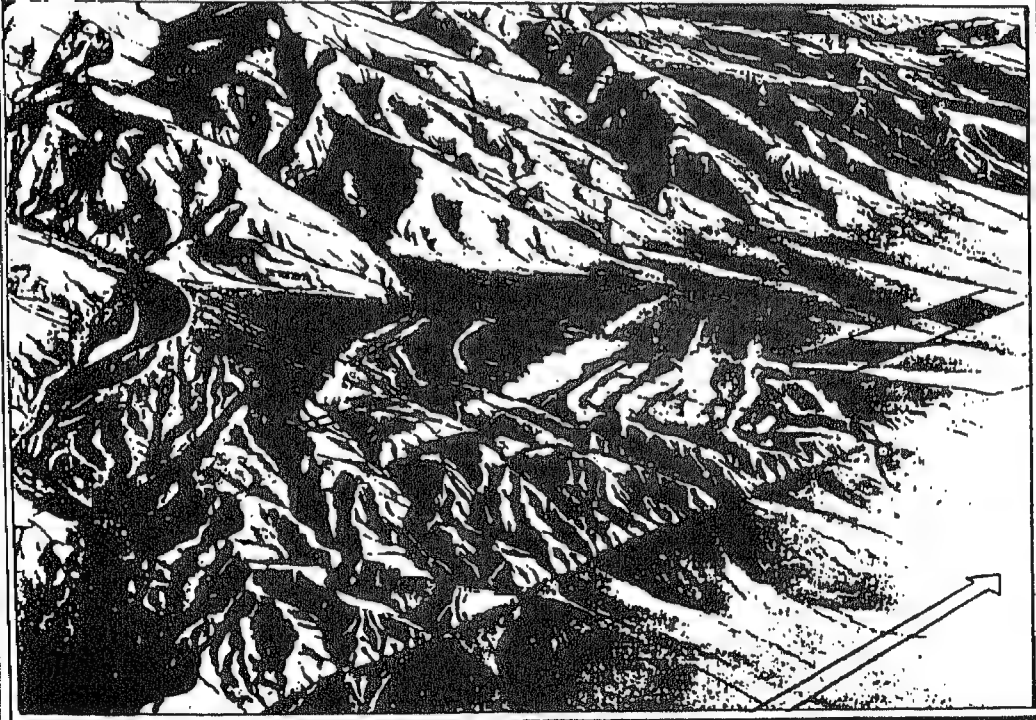
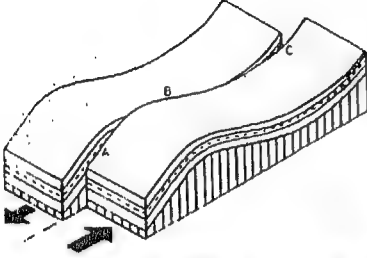
الزحزحة الجانبية Lateral Shifting: المسافة التى تتحركها الطبقات عبر سطح الانكسار جانبياً (أفقياً) بشرط أن يتم القياس بصورة عمودية على مضرب (الصدع) الانكسار.

الزحزحة الكلية Slip: المسافة الكلية (الإجمالية) التى تتحركها الطبقات على طول سطح الانكسار.

Fault Scarps

(٢) الحافات الانكسارية (الصدعية)

تنشأ الحافات الانكسارية (الصدعية) عن عمليات شد الطبقات الصخرية Tension، ويتفق اتجاه الحافة فى هذه الحالة مع سطح الانكسار.

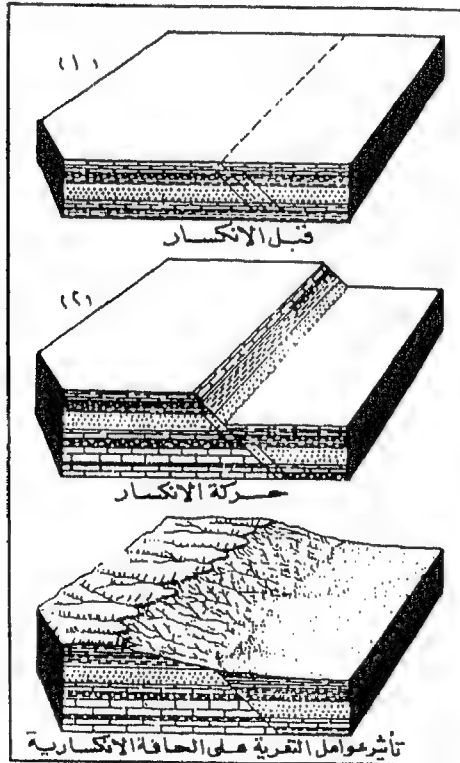


(شكل ٣٠) رسم تخطيطى لإنكسار أفقى، لاحظ تأثير الإنكسار على رواسب المروحة الفيضية، وإرسابات نطاق الباجادا

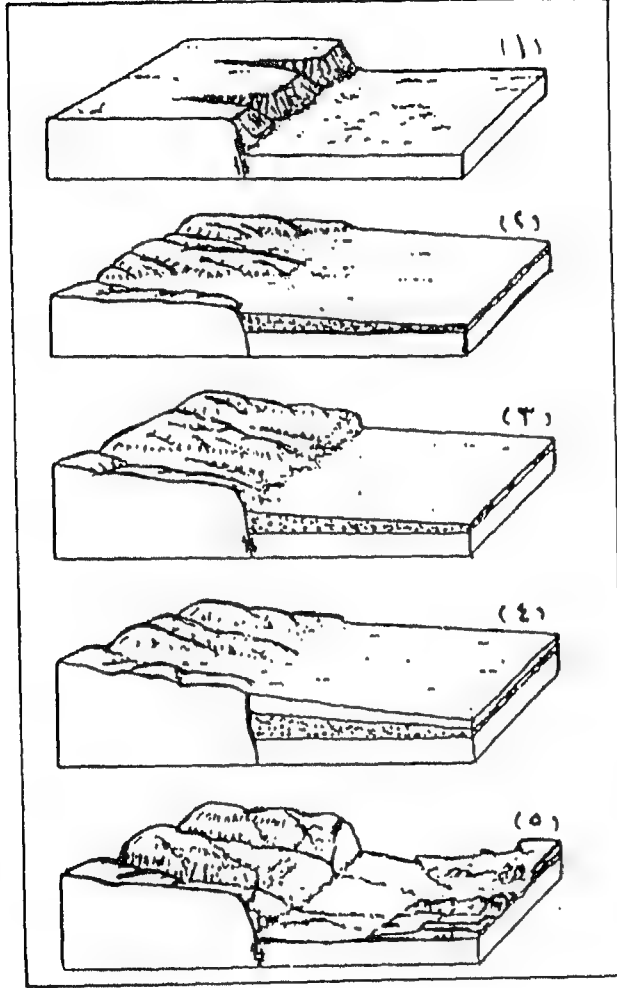
(٣) تطور الحافات الإنكسارية

Evolution of Fault Scarps

حينما تبرز الجروف الإنكسارية (الصدعية) تبدأ عوامل النحت والإزالة في اكتساح المواد على طول هذه الحافات، فتراجع جوانب هذه الجروف خلفياً، وتعرف حينئذ بحافات اسطح الإنكسار (الصدوع) Fault - Line Scarps أو جروف النحت Erosion Scarps، وفي نفس الوقت تتآكل الكتل الأرضية المرفوعة Up Throw Sides، فتهدم مناسيبها تدريجياً، فإذا لم تتجدد حركة الرفع التكتونية يتلاشى التباين في المناسيب الناجم عن الحركة التكتونية السابقة، ويتحول سطح الأرض إلى سهل نحت مستو تختفى منه آثار الانكسار تحت الرواسب السطحية الحديثة.



(شكل ٣) تطور الحافات الإنكسارية

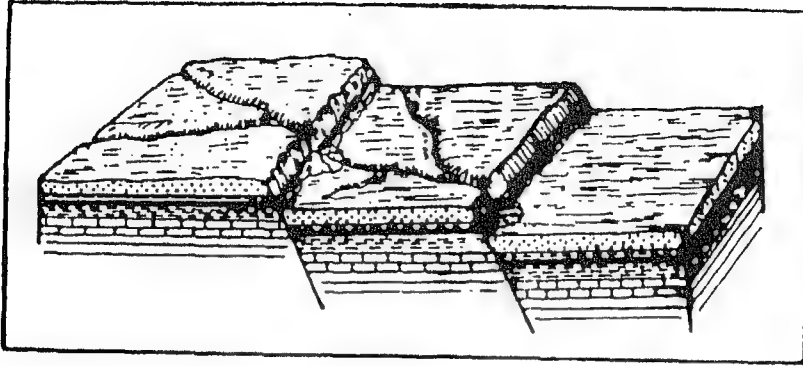


(شكل ٣٢) بعض أنماط الحافات الإنكسارية

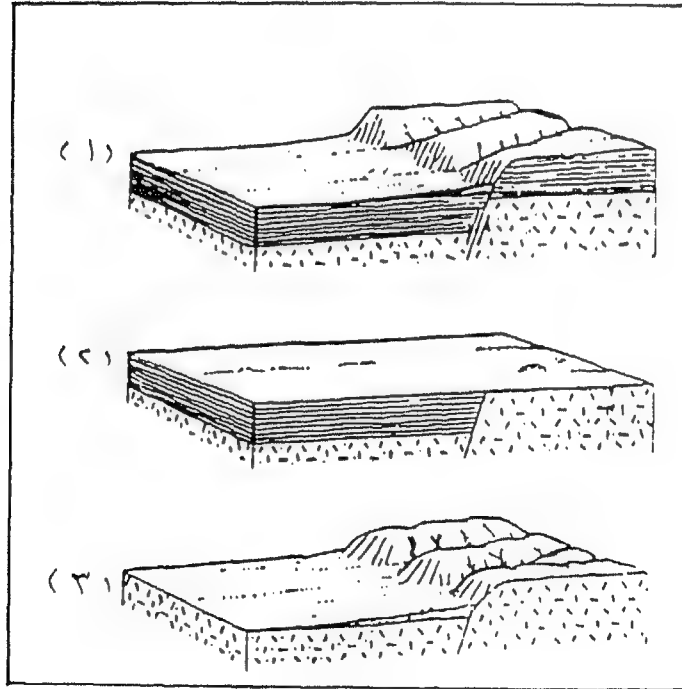
(١) حافة إنكسارية (٢) حافة إنكسارية مدفونة

(٣) حافة إنكسارية مرفوعة (٤) حافة إنكسارية مرفوعة ثم دفنت بالرواسب.

(٥) حافة إنكسارية مرفوعة.



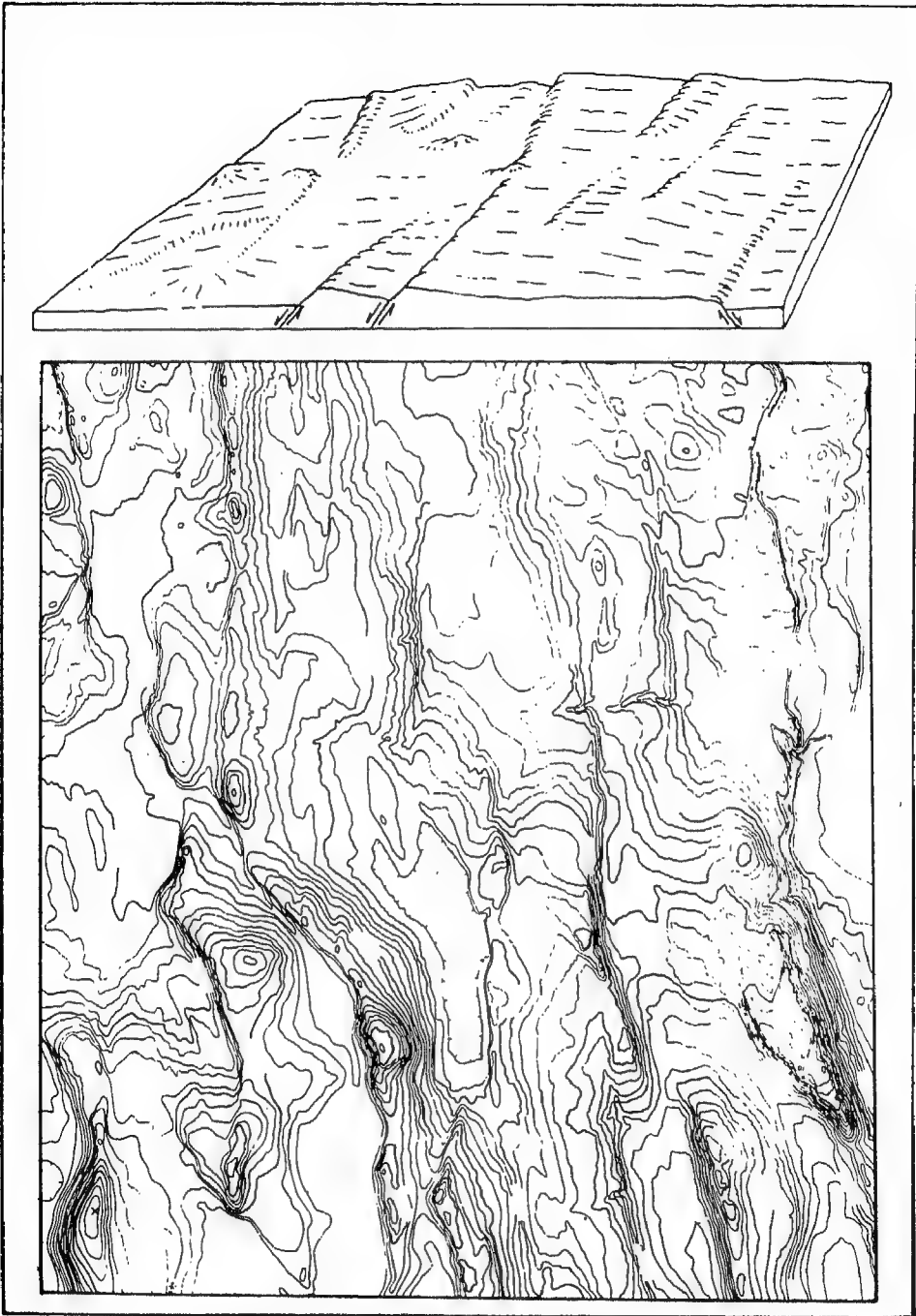
(شكل ٣٣) إنكسار سلمي



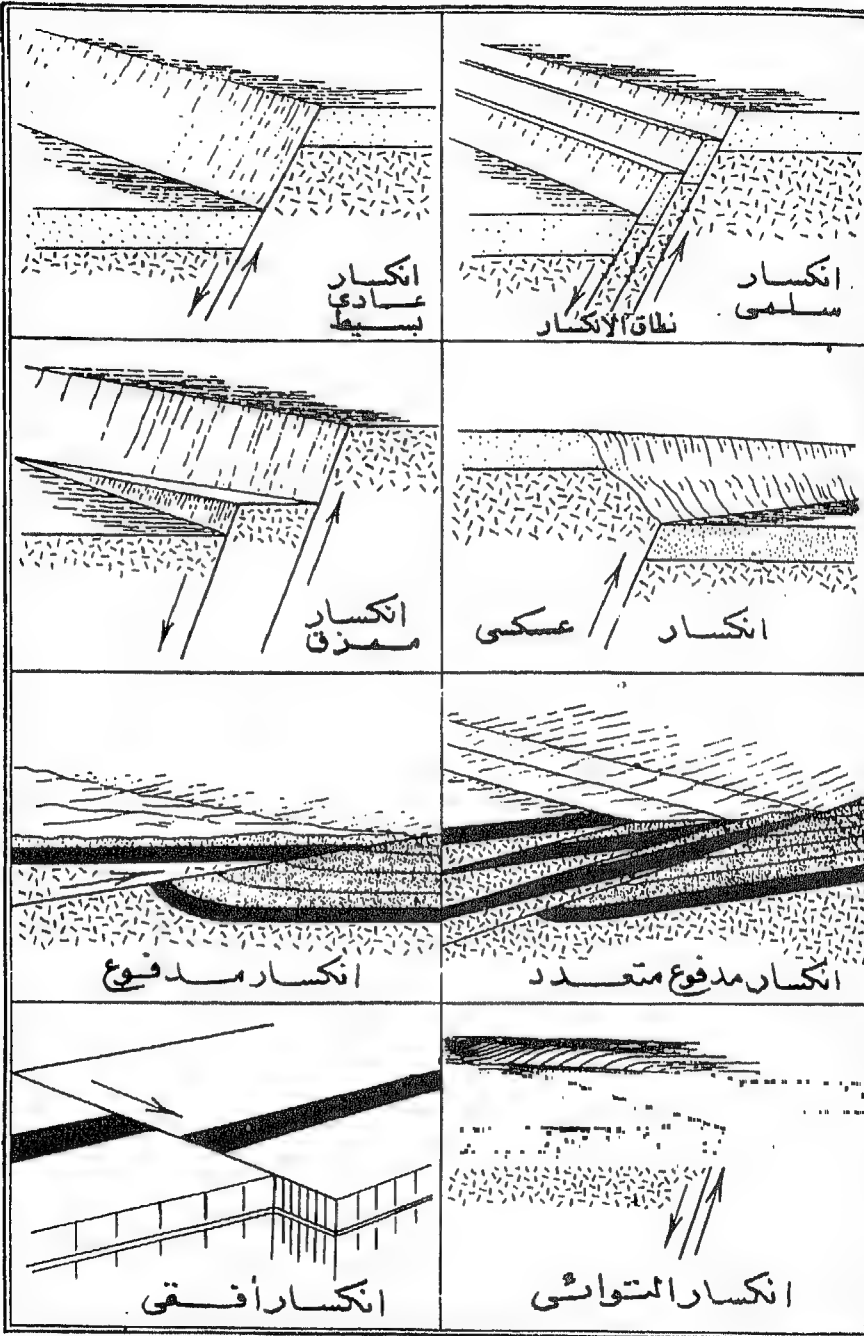
(شكل ٣٤) مراحل تطور الحافات الإنكسارية

(١) حدوث الإنكسار (٢) إزالة الجانب المرفوع بموامل التعرية

(٣) إزالة الجانب المغطى بموامل التعرية



(After Miller, V., and Westerback, M., 1988)

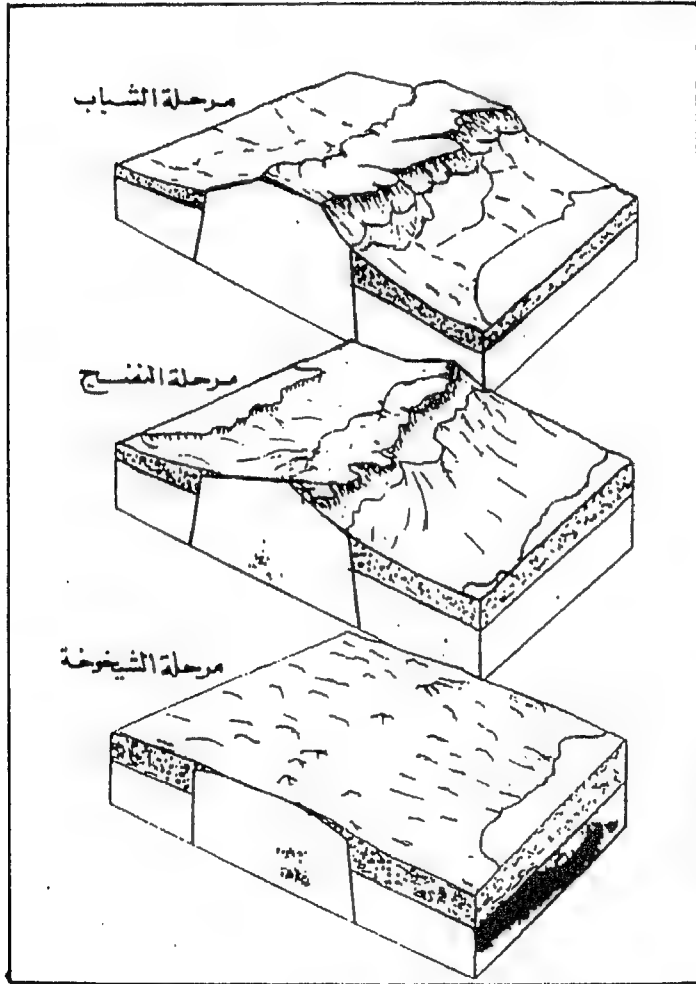


(شكل ٣٦) بعض أنماط الإنكسارات

Horsts

(٤) الضهور _ (الصدعية) الانكسارية

مصطلح من أصل ألماني Horsto وهي كلمة معناها عش النسر، وتحدث الضهور (الهورست) حينما تبرز كتلة صخرية ضخمة بمنسوب مرتفع بالنسبة لأجزاء سطح الأرض المجاورة لها، وتتميز أسطح الانكسار الحائطية للضهور الصدعى بشدة انحدارها وانصقال جوانبها.

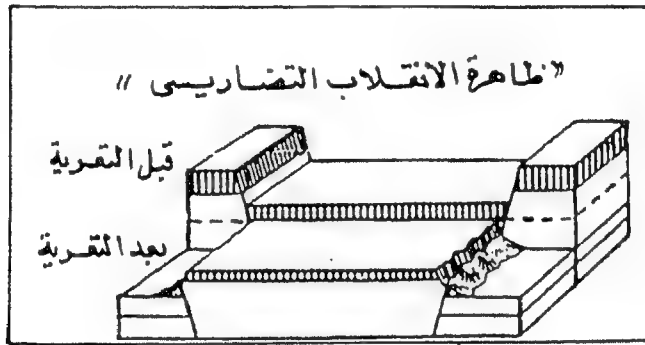


(شكل ٣٧) مراحل دورة التعرية في المناطق الجافة وتأثيرها على الضهور الصدعية

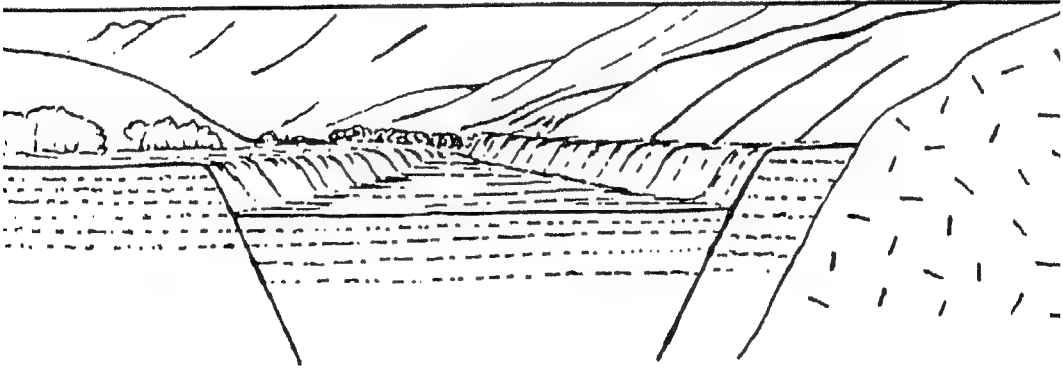
(٥) الأغوار (الصدعية) الانكسارية

Grabens

تنشأ الأغوار الانكسارية في طبقات صخرية عظيمة السمك، بحيث يهبط القسم الأوسط من الكتلة الصخرية لأسفل مكوناً منطقة حوضية، وقد ترتفع في نفس الوقت الطبقات الصخرية المجاورة لها لأعلى، وينتج عن الأغوار الصدعية العديد من اظاهرات الجيومورفولوجية التي يطلق عليها مصطلح الأشكال الأخدودية Rift Features، مثل الأغوار والأودية الأخدودية Rift Valleys



(شكل ٣٨) تأثير عوامل التعرية على الأغوار الصدعية



Volcanic Features

خامساً : الأشكال البركانية

تسهم الثورانات البركانية فى تشكيل المظهر المورفولوجى لبعض المناطق الصحراوية، خاصة إذا كانت تلك المناطق حديثة النشأة التكتونية، ولذا يغطى سطح الأرض بالمصهورات البركانية والمفتتات والرواسب ذات المصدر البركانى.

وقد تأثرت أجزاء متعددة من صحارى أمريكا الشمالية بالمخروطات البركانية الحديثة وأهمها براكين سنسيت فى صحراء أريزونا، وأمبوى وبيسا فى صحراء كاليفورنيا وبعض براكين وادى ديث - Death valley فى أريزونا. كما حدثت بعض الأنشطة البركانية فى الصحراء الشرقية المصرية وشبه جزيرة سيناء، وأبرزها جبل الدخان وجبل كاترين، وبعض المخروطات البركانية المنعزلة المتناثرة فى منطقة طريق أساهرة - السويس الصحراوى. وتظهر بالأراضى الصحراوية المتأثرة بالأنشطة البركانية العديد من الأشكال الجيومورفولوجية، سوف نتناول أهمها فى العرض التالى:

(١) الحرات - الحار

Lava Sheets

مفردها حرة وهى أرض مغطاه بالبازلت الأسود الناشئ من تصلب الصهير المنبثق من باطن الأرض، خلال مناطق الضعف فى القشرة الأرضية ومن فوهات البراكين، وبعد تصلب الصهير تظهر عليه الشقوق، نتيجة عظم المدى الحرارى اليومى والفصلى فى الصحراء، مما يؤدى إلى ظهور الحرة فى شكل صخور منشورة فوق سطح الأرض، او متراكمة فوق بعضها تبعاً للنشاط البركانى ونظامه، وكذلك مدى البعد عن مركز الشقوق الصخرية التى انبثقت منها الالاف المنصهرة (عبد الله الغنيم، ١٩٨٤، ص. ٣٤).

وتحظى شبه الجزيرة العربية بالنصيب الأعظم من الحرات البازلتية وخاصة بالنطاق المحصور بين قواعد جبال لبنان الشرقية والطرف الشمالى لصحراء النفود، فى نطاق يمتد نحو ٤٥٠ كم، ويبلغ متوسط عرض هذا النطاق السطحي قرابة المائة كيلومتر.

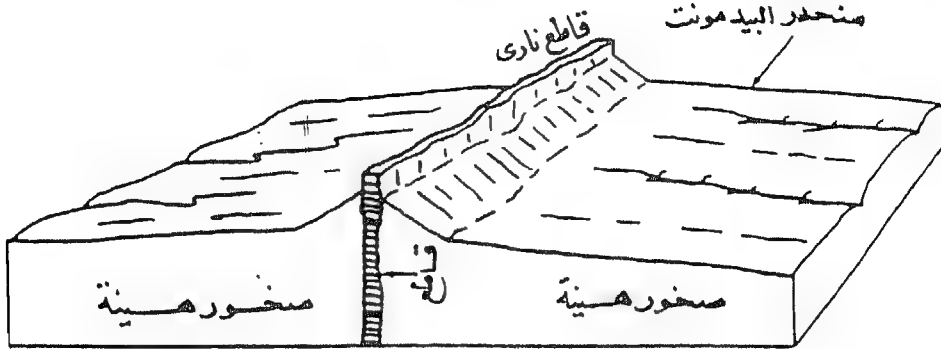
ويبدو المظهر الطبوغرافى للأسطح الطفحية للحرار، كهضاب شبه مستوية بوجه عام، إلا أنها مسننه السطح، تقطعها أحيانا بعض الأودية المنطبعة التى تعمل على انفصالها إلى مجموعة هضيبات كاشفة الصخور المترابكة عليها.

وتعد الحرار من الأشكال الأرضية النادرة فى الصحراء الكبرى الإفريقية، حيث تكاد تقتصر أكبر نماذجها فى الصحارى الليبية على الجبل الأسود والهروج الأسود، ويبرز هذان الجبلان كإثنين من الأعلام البركانية المخروطية الشكل التى تغطى طفوح البازلت منحدارتهما.

(٢) حواجز السدود النارية «الديناصورات» Barrier Dikes (Dykes)

أحد أشكال الثورانات البركانية التى تقطع الطبقات الصخرية رأسياً، وتعمل على انصهار الصخور المحيطة بها وتحويلها إلى صخور متحولة تبعاً لشدة حرارتها. ويتوقف شكل الظاهرة الناتجة من اختراق السدود النارية للقشرة السطحية على طبيعة المادة المكونة للسد النارى ودرجة صلابتها بالنسبة للصخور التى تخترقها، فتعمل عوامل التعرية على نحت وتآكل الطبقات الأقل صلابة، فإذا كانت السدود أشد مقاومة- فإنها تبقى على شكل حواجز طولية تمتد أحياناً لمسافات كبيرة، وتشبه الديناصورات الرابضة بالصحراء، تمثل السدود أعمدتها الفقيرة. أما إذا كانت المادة المكونة للسد النارى أقل صلابة من الطبقات المجاورة لها، تحفر السدود الخنادق الطولية بدلاً من السدود، كأحد أشكال الانقلاب التضارىسى.

وقد ميز الكاتب اعداداً كبيرة من الحواجز النارية بمنطقة سانت كاترين بشبه جزيرة سيناء، كما تتمثل هذه السدود فى الصحراء الليبية شمالى الهروج الأسود.

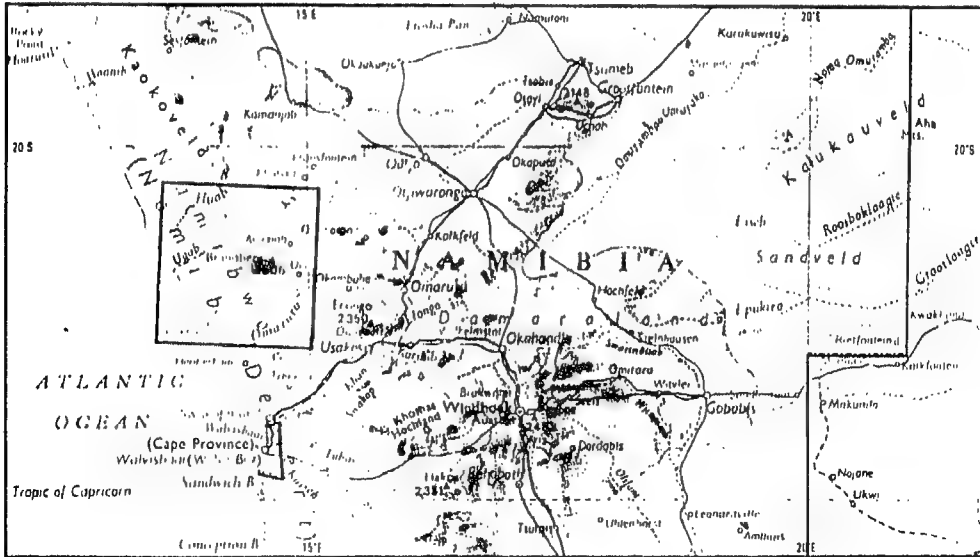


(شكل ٤٠) حاجز ناري يقطع صخور أقل صلابة

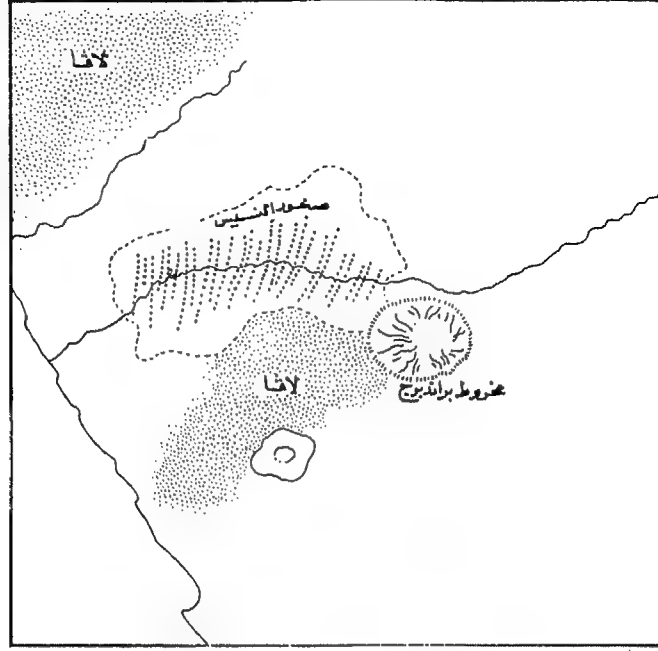
Volcanic Skeletons

(٣) الهياكل البركانية

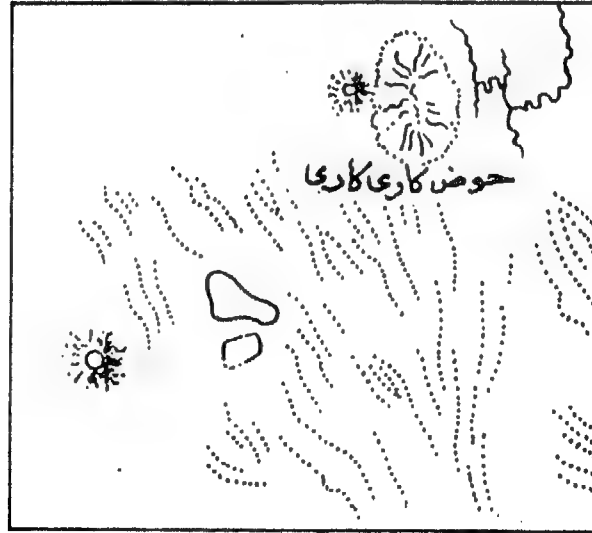
تتأثر المخروطات البركانية الخامدة بعوامل التعرية، فتعمل على إزالة بعض أجزائها الخارجية، حيث تتساقط جدران فوهة البركان، وتتهار السفوح الجانبية لجسم المخروط بفعل الجاذبية الأرضية، ولا يبقى منه في النهاية سوى عمود بركاني يمثل قصبة البركان Volcanic Neck، التي تقف منعزلة وتشير إلى موقع البركان القديم.



(شكل ٤١) موقع المراقبة الفضائية بصورة ٢٨.

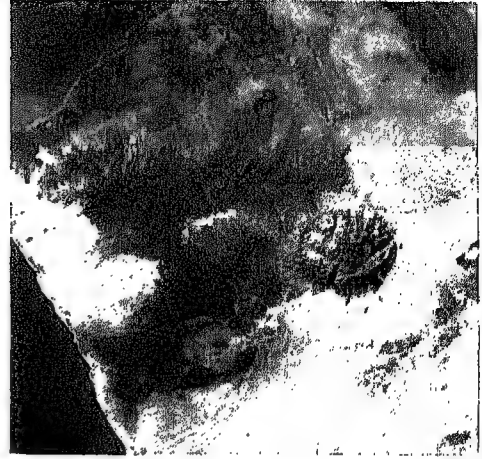


(شكل ٤٢) رسم تخطيطي للمرئية الفضائية بصورة رقم (٢٨)



(شكل ٤٣) رسم تخطيطي للمرئية الفضائية بصورة رقم (٣٠)

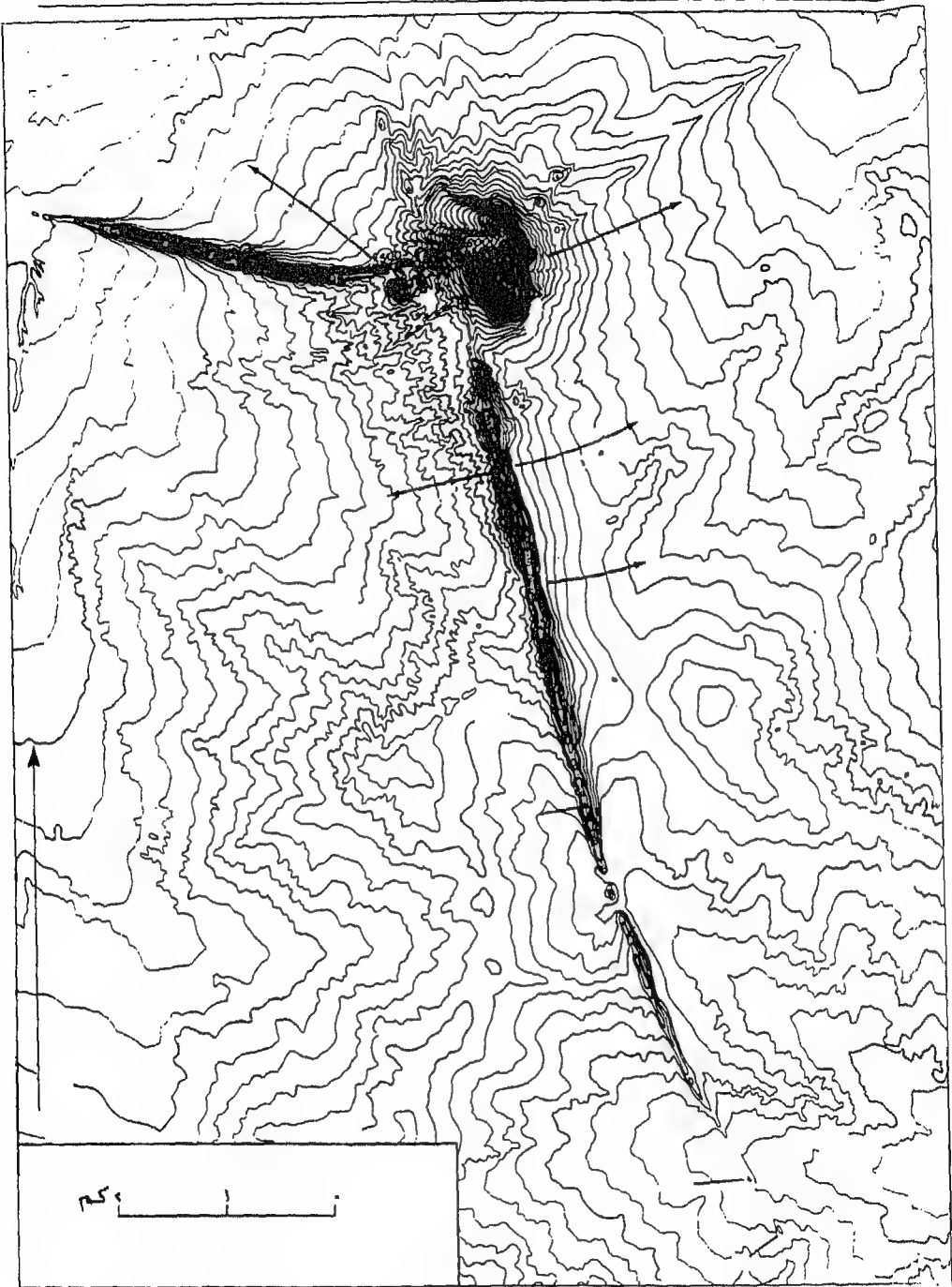
(صورة ٢٨) الهيكل البركاني لأحد المخروطات في
 ناميبيا Brand berg لاحظ بقايا المواد اللافيه ذات
 الألوان القائمة، ونطاق صخور النيس المتحولة وسط
 المرئية الفضائية «لاندسات، ألوان حقيقية»
 After Francis, P., and Jones, P., 1985



(صورة ٢٩) مرئية فضائية لمجموعة هياكل بركانية
 قديمة تشبه الزهور المتفتحة تتركز المناطق الحدودية
 في بوليفيا، لاحظ مجموعة البحيرات ذات الألوان
 الداكنة والسلاسل الجبلية الواقعة بالجزء الأيسر
 للصورة، «لاندسات، ألوان غير حقيقية»
 After Francis, P., and Jones, P., 1985

(صورة ٣٠) مرئية فضائية لحوض Kari Kari
 البركاني في بوليفيا داخل نطاق من السلاسل
 الإلتوائية «لاندسات ألوان غير حقيقية»
 (After Francis, P., and Jones, P., 1985)

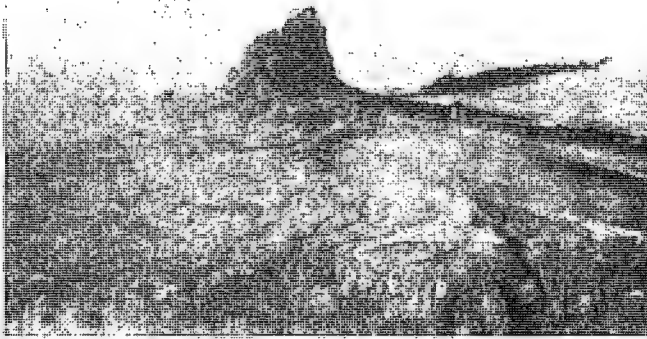




(شكل ٤٤) خريطة كنتورية للهيكل شيروك في المكسيك راجع الصورة
الفوتوغرافية رقم ٣٢.

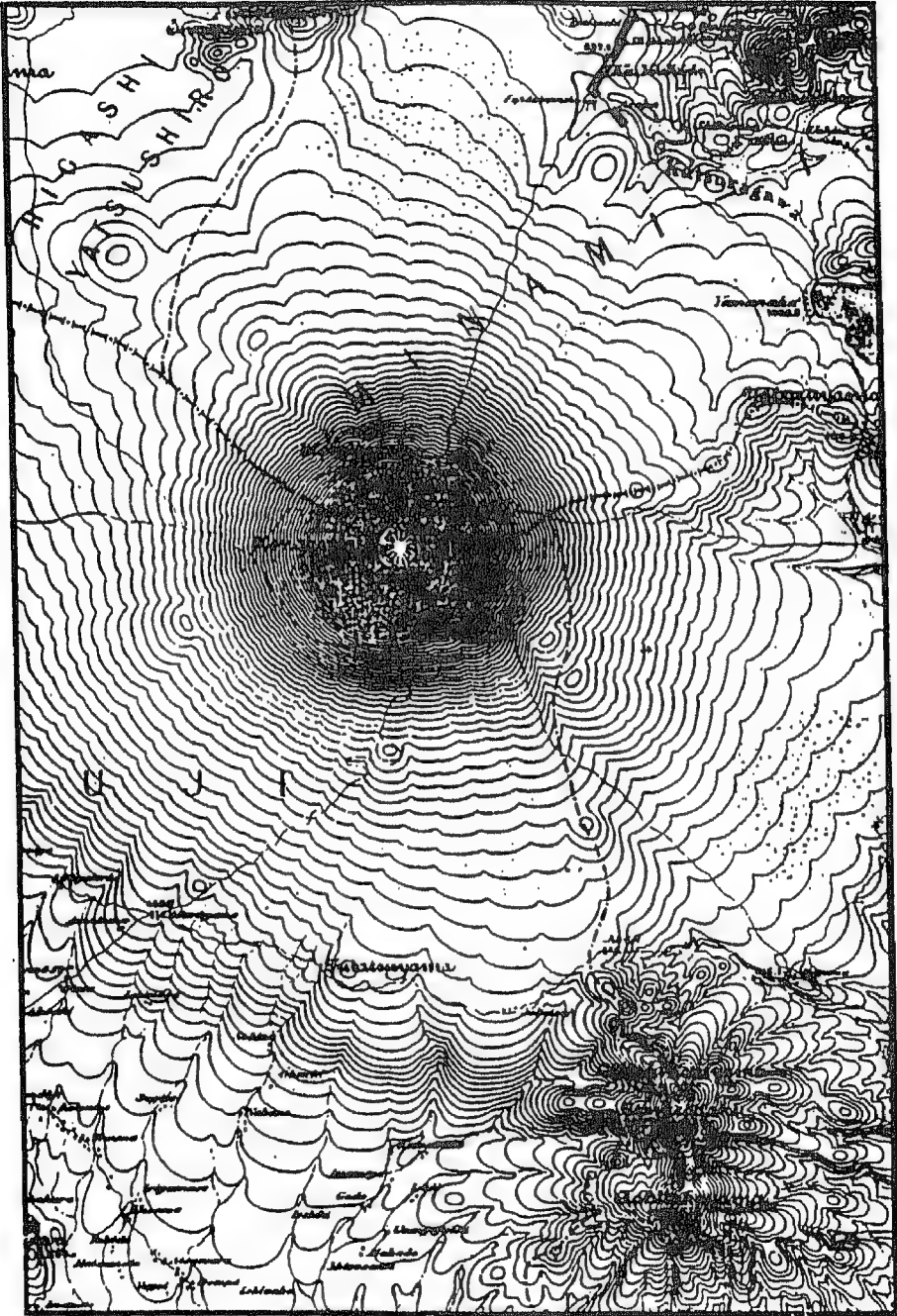


(٣١) حاجز ناري بالمكسيك (After Money, D., 1974)

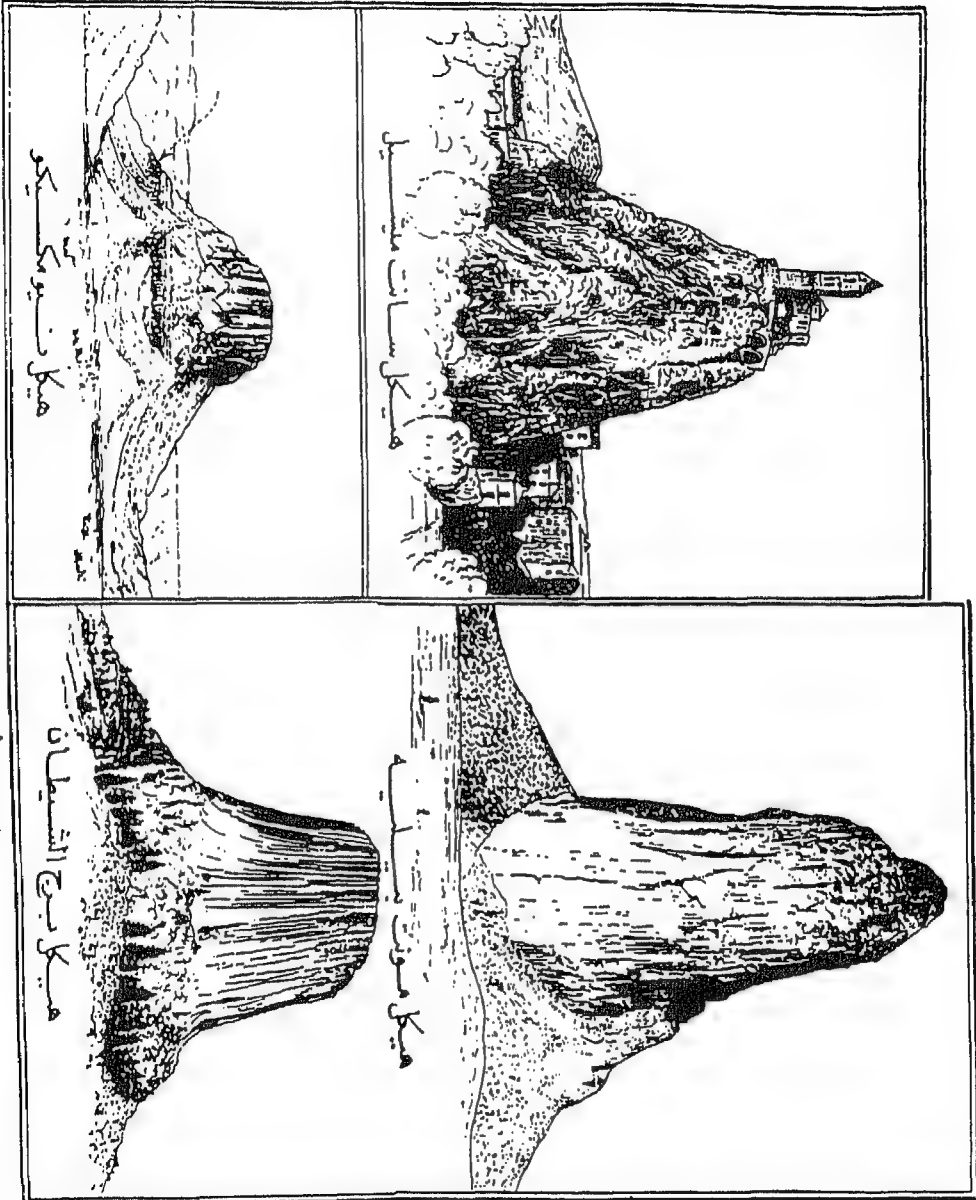


(صورة ٣٢) بقايا هيكل بركان شيبريك Ship Rock في المكسيك بعد تأثير عوامل التعرية وإزالة أجزاءه الخارجية ولم يتبق منه سوى عنقه القديم وبعض السدود الرأسية المدفونة.

(After Money, D., 1974)

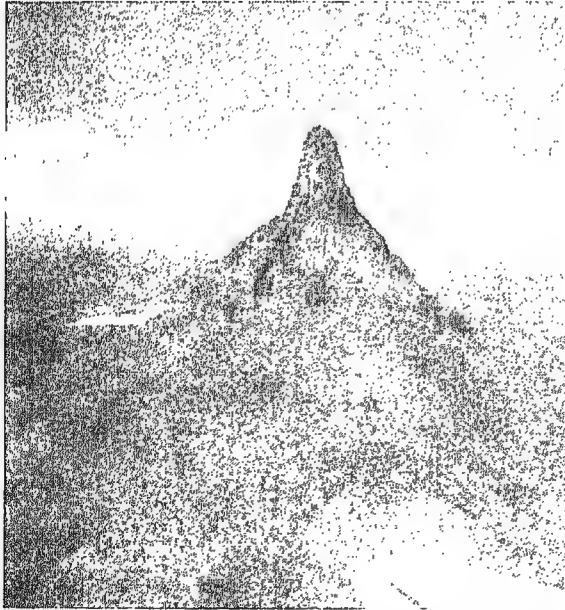
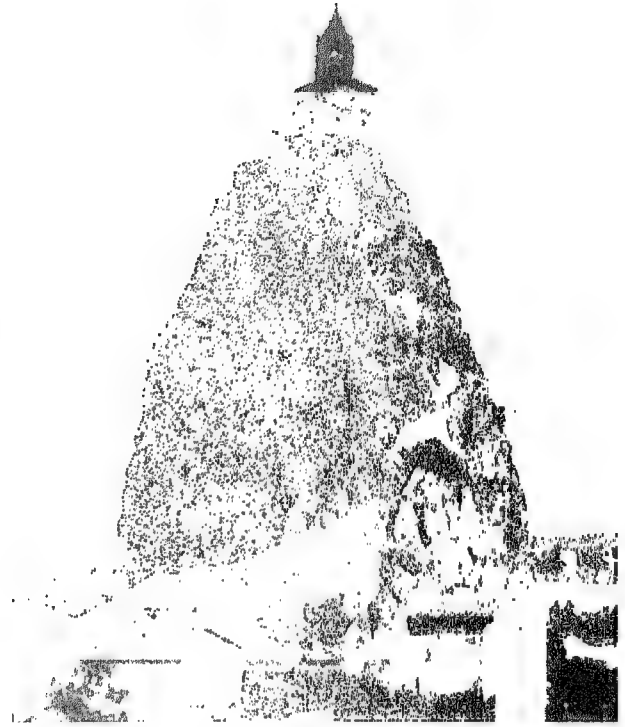


(شكل ٤٥) خريطة كنتورية لمخروط فوجي ياما البركاني (اليابان)



(نسخة ٤٦) أنماط مختلفة من الهياكل البركانية (After Lubbeck, A., 1939)

(صورة ٣٣) بقايا عنصر بركاني في منطقة
(After homes, B., from Fw - Loire
ing calloway, N.Y.)



(صورة ٣٤) هيكل بركاني بالقرب من أوزو - ليبيا
(After Pesce, A., 1968)

(٤) القباب البركانية

Batholiths - Lacolithes

قباب صخرية تتكون من الصخور النارية، تنشق إما بالقرب من سطح الأرض، ويطلق عليها في هذه الحالة اسم الصخور المتداخلة Intrusive Rocks أو تنشق هذه المصهورات من باطن الأرض وتظهر على سطح فتسمى في هذه الحالة بالصخور السطحية Extrusive Rocks، ويرجع ظهور هذه الكتل على شكل قبابي بين الطبقات الصخرية إلى اندفاع المصهورات البركانية إلى أعلى بتأثير الضغط والحرارة العالية، وانصهار الصخور التي تمكنت من إزاحتها من طريقها، حيث تظهر عليها بعض آثار التحول الصخري الحراري، وتتخذ هذه القباب عدة أشكال أهمها:

«أ» الكتل العميقة

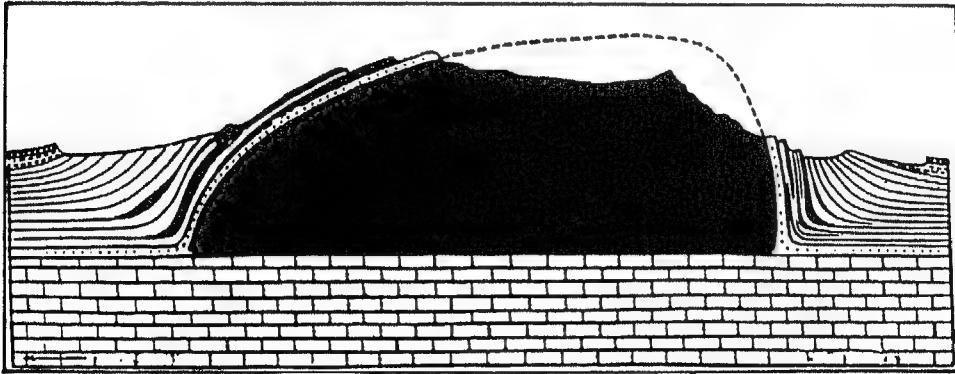
Batholiths

تتكون من المصهورات البركانية المندفعة من باطن الأرض فتعمل على تشكيل قباب شاهقة الارتفاع، وتعرض أعالي هذه القباب لفعل النحت بعوامل التعرية المختلفة.

«ب» الكتل الهلالية المحدبة (اللاكوليث)

Lacolith

تتكون هذه القباب نتيجة اندفاع المصهورات البركانية بضغط شديد على طبقات الصخور التي تعلوها وتجعلها في حالة تحدب، أما القاعدة فتظل أفقية الشكل.



(شكل ٤٧) قبة اللاكوليث البركانية في إقليم مونت هنري بولاية أوتاوا الأمريكية

Phacolith**«ج» الكتل الهلالية المقعرة (الفاكوليث)**

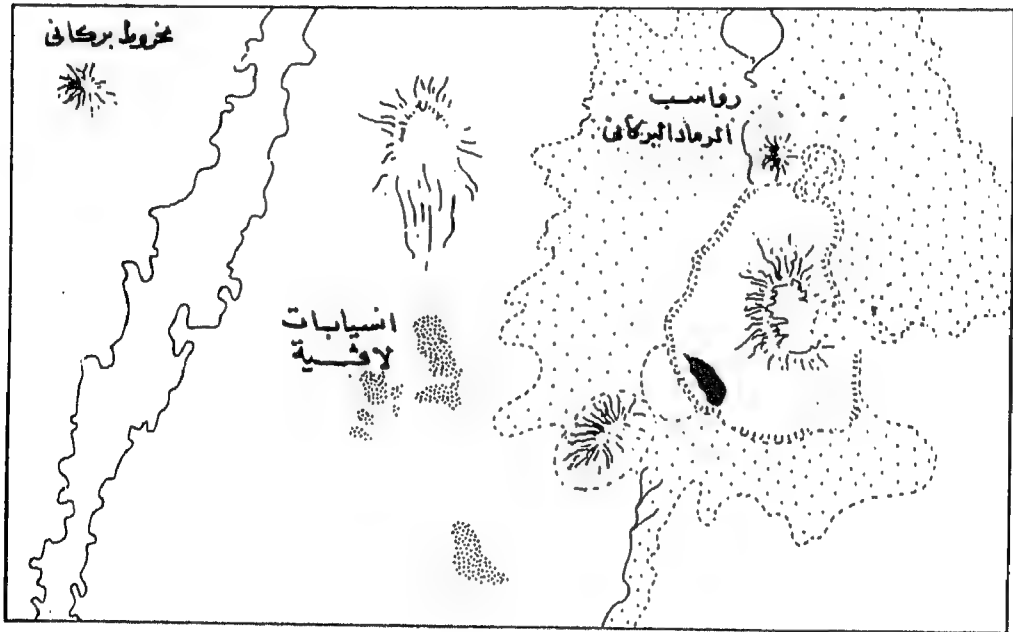
تعرف باسم الكتل الهلالية حيث تندفع المصهورات البركانية فى قمم وقيعان الألتواءات (الطيات) مكونة اشكالاً هلالية المظهر قد تنكشف نتيجة إزاحة الطبقات التى تعلوها بفعل عوامل التعرية.

Lapolith**«د» اللابوليث**

يطلق على هذه التداخلات اسم الكتل الوعائية، لأنها تشبه الوعاء فى طريقة تشكيلها، حيث يعمل الثقل الهائل للمصهورات البركانية على هبوط القاعدة الصخرية التى تتركز عليها هذه المصهورات وتبدو كالوعاء المقعر الشكل، وتظهر على شكل حلقات من اللافا تمتد بينها طبقات من الصخور الأخرى.

Lava Flows**(هـ) انسيابات اللافا**

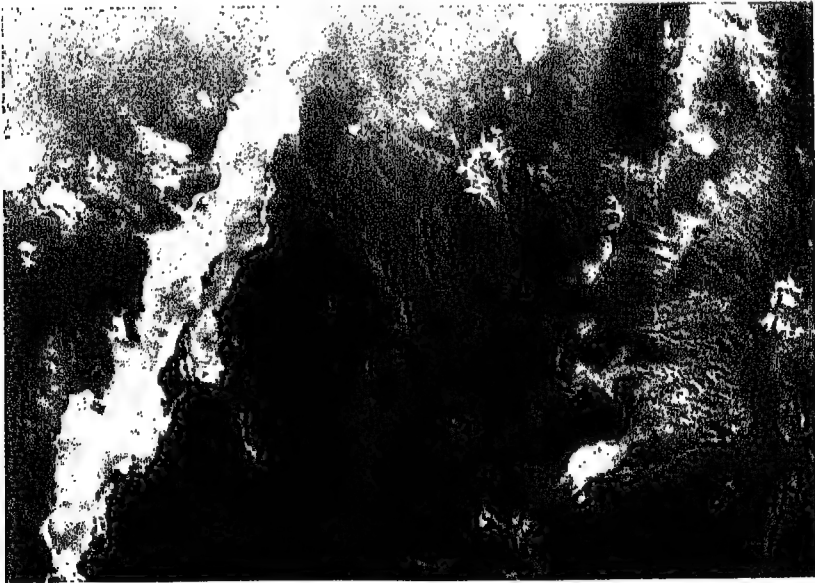
تشكل انسيابات اللافا من انبثاق المصهورات البركانية السائلة عبر خطوط الضعف الجيولوجى حتى تظهر على سطح الأرض، حيث تبرد بسرعة هائلة ولذا فهى عديمة الببلورات، وقد ساعدت قلة لزوجة الانسيابات السطحية على سيلانها كالماء، وافتراشها مساحات شاسعة من سطح الأرض، تصل فى بعض الأحيان لأكثر من ٢٠,٠٠٠ كم مربع جنوب شرق واشنطن بالولايات المتحدة الأمريكية، وبسمك يتعدى ٣,٠٠٠ متر. ومن أوضح الأمثلة للانسيابات اللافية فى وطننا العربى المنطقة البركانية الممتدة من غرب بحيرة طبريا فى فلسطين إلى جبل الدروز وحوارن فى سوريا إلى وادى السرحان فى السعودية.



(شكل ٤٨) موقع المرئية الفضائية بصورة رقم ٣٦.



(صورة ٣٥) إنسيابات اللافا جنوب شرق واشنطن بالولايات المتحدة الأمريكية
(Institute of Geological sciences)



(صورة ٣٦) مرئية فضائية لحوض Cerro Galan البركاني، أحد أضخم النطاقات البركانية في شمال غرب الأرجنتين، وتظهر بالصورة الإنسيابات اللاقية بأشكالها المتباينة «لاندسات، ألوان غير حقيقية».
(After Francis, P., and Jones, P., 1985)

الفصل الثالث

أشكال النحت

أولاً : عمليات التجوية.

ثانياً : أشكال النحت الناتجة عن حركة المواد على سفوح المنحدرات.

ثالثاً : النحت بالرياح.

رابعاً : النحت بالمياه.

أشكال النحت

Weathering

أولاً : عمليات التجوية

(أ) أشكال التجوية الميكانيكية (الطبيعية)

Mechanical (Natural) weathering

يقصد بالتجوية الميكانيكية تفكك الصخر وتفتيته في مكانه إلى جزيئات أصغر، دون أن تلحق بمكوناته المعدنية أية تغيرات، فالتجوية الطبيعية هي مجرد عملية إنتزاع قطعة من الصخر وجرشها أو سحقها وهي في موضعها دون حركة.

Exfoliation

(أ) التقشر الصخري

أصل مصطلح Exfoliation لاتيني، وهو يتألف من كلمتين هما Ex أى يخرج أو ينكشف و folia وتعنى أوراق النبات. وهي عبارة عن عملية إنفصال قشور أو صفائح رقيقة أو سميكة من أسطح الصخر، ويحدث عادة في الصخور الجرانيتية وحجر الصوان، تحت تأثير ظروف إنزياح الضغط. ويطلق على هذه العملية تعبير التجوية الشريطية Sheeting Weathering، أو التقشر البصلى Onion Weathering وذلك لتقشر الأسطح الخارجيه للصخر بما يشبه البصلة.

قباب التقشر

Exfoliation Domes

قد تظهر الأجزاء الناتجة عن التقشر على شكل قباب Domes كروية الشكل أو بيضاوية، تتفاوت فى أحجامها من كتل الجلاميد إلى القباب الضخمة، وتنشأ عن وجود أنظمه المفاصل فى مسارات منحنية موازية للسطح الخارجى للكتلة الصخرية، ويتباين سمك هذه المفاصل بحسب العمق فى إتجاه باطن الكتلة الصخرية، فتكون متكاثفة فى شبكات متقاربة عند السطح، ويزداد تباعدها بالداخل، وتحت ظروف الاختلاف الكبير فى درجات الحرارة يضعف تماسك الشرائح الصخرية التى تحددها هذه المفاصل، فتنفصل عن جسم الكتلة الأم، واحدة تلو الأخرى، ويطلق عليها مصطلح قبة التقشر Exfoliation Dome (صلاح البحيرى، ١٩٧٩ «ب»).

(٢) المظهر العمدانى

Tor - Columnar structure

ينشأ عن تأثر الكتل الصخرية ذات النظم المتعامدة من الفواصل، فتعمل على توغل مؤثرات التباين الحرارى وعوامل التحلل الكيميائى بالمياه، وتتسع هذه الشقوق تدريجياً وتتحول فى النهاية إلى مجموعة من القوالب الصخرية المتراسة كقوالب الحجر، وقد تظهر أيضاً على شكل مجموعة من البيض Eggs المثبتة فوق بعضها بانتظام، نتيجة تأثر الصخر الأصيل بنظم مفصلية متعامدة، وتصنع معاً مجموعة من المستطيلات أو المكعبات، وتتنقوس حوافها المدببة، ويطلق عليها تعبير جلاميد البيض أو جلاميد البيض الجرانيتى Egg - Shaped Granite Boulders

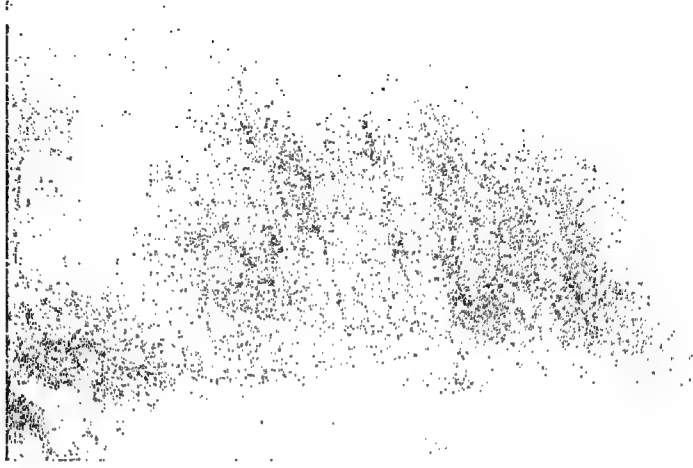
(صورة ٣٧) كتلة جرانيتية متأثرة بالتقشر
الصخري بهضبة تنزانيا
(After Money, D., 1974)



(صورة ٣٨) آثار التقشر الصخري على كتلة
جرانيتية بمنطقة سانت كاترين، كما تأثرت هذه
الكتلة بأحد الفواصل الذي عمل على تكسرها إلى
نصفين.

(صورة ٣٩) قباب جرانيتية تتعرض لفعل التقشر
بالقرب من ريودي جانيرو بالبرازيل
(American Museum of Natural History)





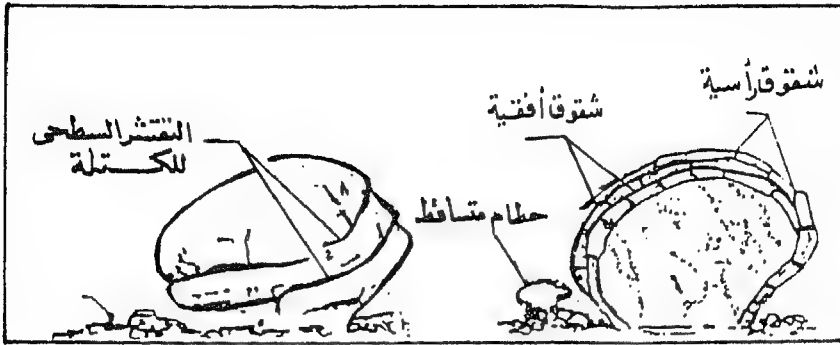
(صورة ٤٠) شقوق وفواصل متعامدة تسهم في تشكيل المظهر العمداني بالغرب من سانت كاترين بجنوب سيناء.



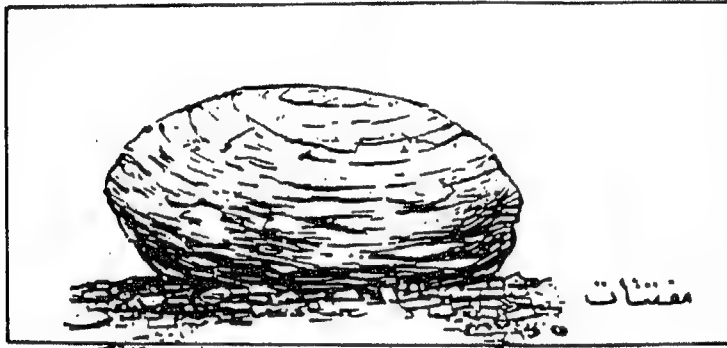
(صورة ٤٢) كتلة جلاميدية من الجرانيت تشبه البيض بولاية أريزونا الأمريكية (Fox Photos Ltd)

(صورة ٤١) كتل جلاميدية متراصة مكونة من بقايا جرانيتية، تشبه الأنف البشري
Bowerman's Nose
في منطقة
Manaton(fox photos Ltd)

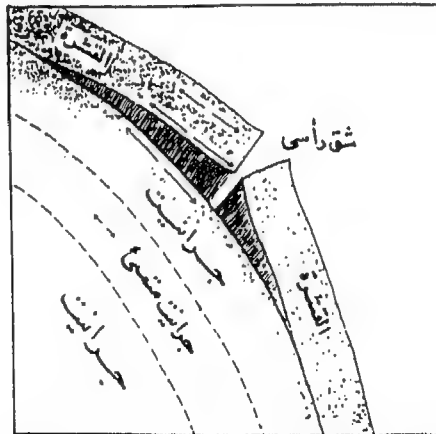




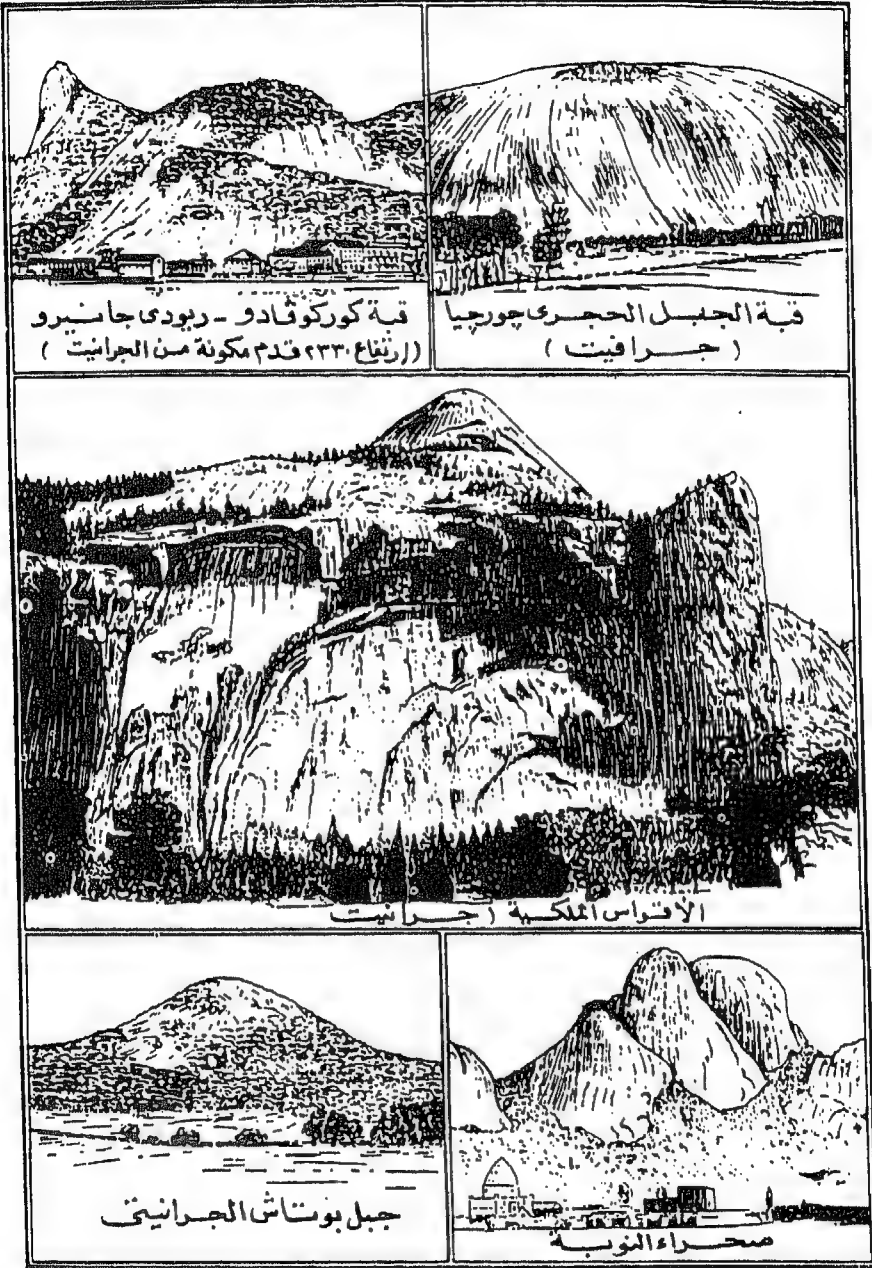
(شكل ٤٩) التجوية بفعل التقشر الصخري



(شكل ٥٠) تأثير التقشر الصخري على كتلة حجرية

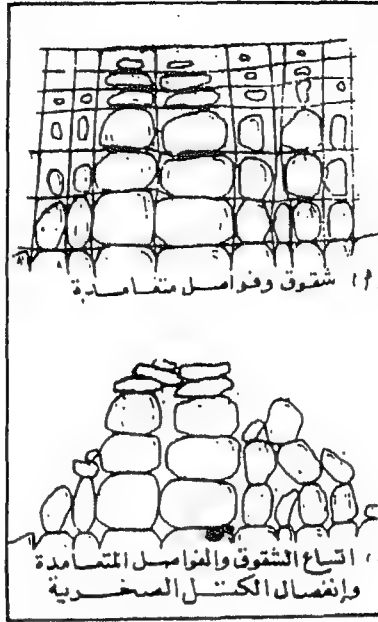


(شكل ٥١) انفصال القشرة الصخرية (مكبرة)



(شكل ٥٢) بعض أمثلة لقباب التقشر

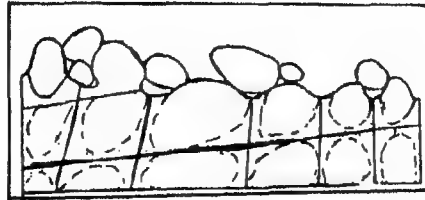
(After Lobeck, A., 1939)



(شكل ٥٣) تشكيل المظهر العمداني



(شكل ٥٤) تكوين المظهر العمداني في الجرانيت

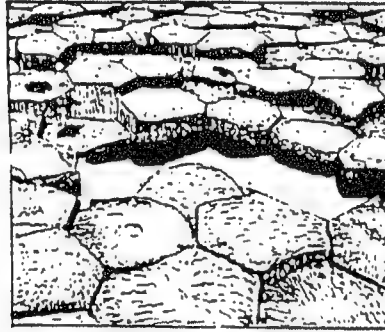


(شكل ٥٥) تكوين الكتل البيضاوية

Columnar sills

(٣) الأعمدة الرأسية

تشبه في شكلها المظهر العمداني، ولكنها تنشأ عن برودة العروق النارية Sills، وقد تبدو هذه الأعمدة على شكل ثلاثي أو رباعي أو سداسي الأوجه، ومن أوضح أمثلة هذه الأعمدة الأسوار الجانبية لنهر هدسون بالولايات المتحدة الأمريكية، والمعروفة بإسم الباليسيد The palisades، وتظهر على هيئة حافات رأسية عظمى تكونت من عرق نارى عظيم الإمتداد والسّمك فى صخور العصر الترياسى، وتتألف من الدياباز Diabase والجابرو Gabbro (حسن أبو العينين، ١٩٦٨)، كما تظهر هذه الأعمدة فى منطقته كهف فينجالس Fingal's cave بنيوزيلندا، وفى صخور البازلت بمنطقة Giant بأيرلندا.

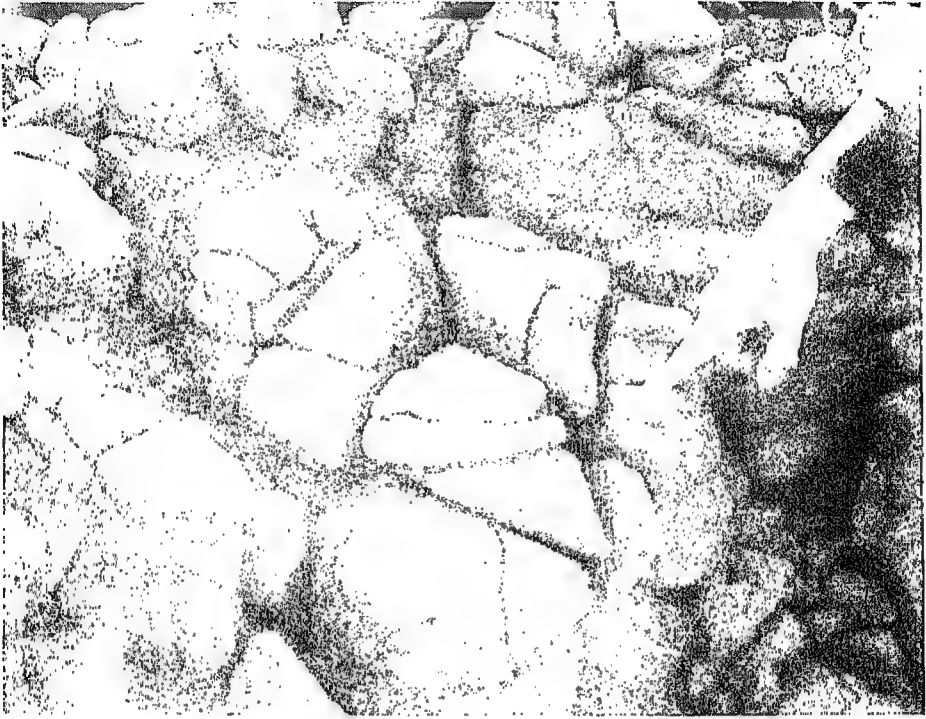


(شكل ٥٦) تكوين الأعمدة الرأسية

Rock Shattering

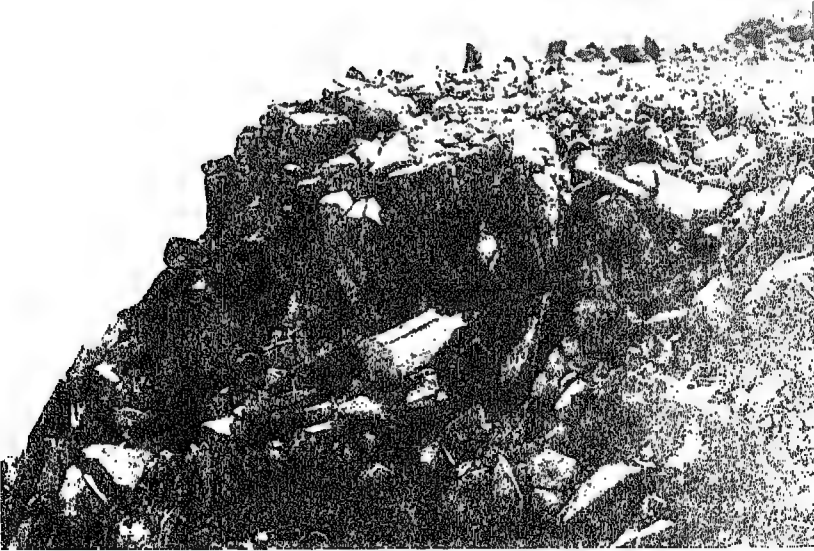
(٤) التفلق الصخرى

تفلق أو انفصال الكتل الصخرية إلى أجزاء أصغر حجماً، وتعزو هذه الظاهرة إلى إرتفاع حرارة هذه الكتل خلال أيام الصيف القاطنة، فإذا ماتصادف هطول مطر زويعى، يؤدى هذا إلى تبريد مفاجئ لأسطح هذه الكتل، فتتشطر إلى مجموعة من الكتل الأصغر حجماً، وبهي بذلك أشبه بكتل الحديد الصلب التى إذا سخنت ثم بردت فجأة بالماء إعتراها التشقق والإنكسار.



(صورة ٤٣) تفلق صخرى فى الأحجار الرملية «تشبه فصوص الكلى» بمنطقة قارة الجندي - الصحراء الغربية المصرية.

(صورة ٤٤) أعمدة رأسية سداسية في صخور
البازلت بأيرلندا
(Institute of Geological sciences)

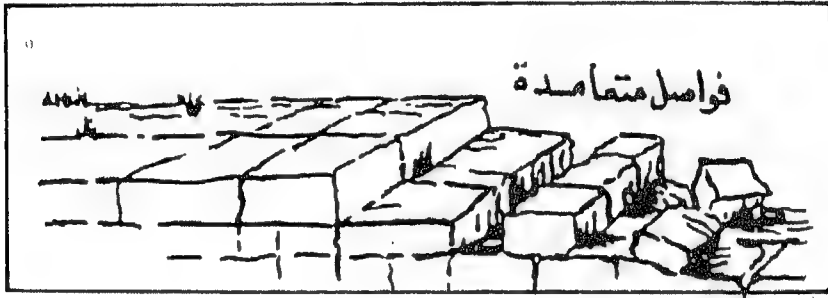


(صورة ٤٥) شقوق سداسية في صخور البازلت أدت إلى انفصالها وتفككها إلى كتل برميلية كبيرة الحجم
في منطقة جبل قطرائى شمال منخفض الفيوم.

(٥) التفكك الكتلي

Block Sparation

تكسر جسم الصخر وإنقسامه إلى كتل على طول خطوط المفاصل وسطوح الإنفصال التي تمزق أجزاءه، والتي توجد عادة في مجموعات مختلفة الاتجاهات، تتقاطع مع بعضها بزوايا شتى، وتعمل ظروف التجوية على توسيع هذه المفاصل، وتتفكك الكتلة الصخرية الأصلية تدريجياً، وتتأثر حوافها القائمة الشكل وتصبح ملساء ومقوسة لتعاود الكرة من جديد حتى تتحول إلى حطام من الجلاميد والحصى.



(شكل ٥٧) التفكك الكتلي

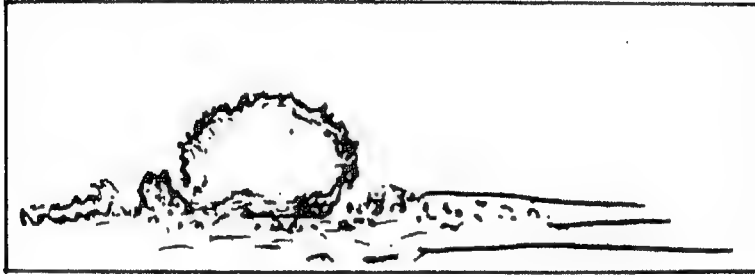
(٦) التفكك الحصى (الحبيبي)

Granular Disintegration

هي إنفراط أو تفصد Exudation أو تفكك حبيبات الأسطح الخارجيه من الصخر بإنفصال جزيئات حصوية من هذا السطح على شكل بللورات منفردة أو مجموعات متلاصقة منها. وتحدث عادة في الصخور الجرانيتية عندما تنفطر جزيئاتها مكونه رواسب الأركوز Arkose وهي عبارة عن رمال خشنة تنتشر في مناطق توافر هذه الصخور بالصحارى.

كما تتواجد هذه الظاهرة حيثما تتأثر الشقوق والفواصل الصخرية بتداخل بعض الحبيبات الملحية والثلجية، وتتحول إلى بللورات أكبر حجماً، فتتفصل بعض

الحصوات وتتساقط على جانبي الفاصل، نتيجة عملية الإحتكاك بين بللورات الثلج أو الملح على الأسطح الداخلية للكتلة الصخرية. ويطلق تعبير حوض التفكك الحصوى Exudation Basin على المنخفضات والتتوءات الملساء، الناجمة عن انفصال وإنفراط الحبيبات من جوانب الكتل الصخرية بتأثير بللورات الثلج، ويشيع هذا المصطلح في العروض الباردة.



(شكل ٥٨) التفكك الحصوى (مكبرة)

(٧) التجوية الملحية

Salt Weathering - Salt Fretting

تنشأ التجوية الملحية بسبب تداخل المياه المالحة في النظم المفصلية بالمناطق الساحلية عادة، وعلى ضفاف بعض البحيرات المالحة، حيث تتسرب المياه وتبخّر، وتترك ذرات الملح داخل هذه الشقوق فتساعد على تفتيت بعض مكوناته، ويطلق تعبير وجبة الصخور Rock Meal على الفتات الناتج عن هذه العملية. ولا يقتصر الأمر على التفتت الميكانيكي للصخر، (يكن تسهم عملية الإذابة الملحية Salt Solution في التفاعل كيميائياً مع مكونات الصخر القابلة للإذابة في المحاليل الملحية، إلى جانب الفعل الهيدروليكي الناتج عن ضغط بللورات الملح، الذي تتوقف قوته على المعادلة الأتية:

$$\frac{ق}{ح} = ضمر - ضم$$

حيث ضممر هو الضغط الناشئ عن البلورات الملحية الصلبة.

وضم هو الضغط الناشئ عن المحلول الملحي السائل.

وقوة الضغط الناشئة على مسخور جوانب الشق أو الفاصل

روح قيمة الزيادة في حجم البلورات الملحية

(Lewis and Randall, 1961)

Bio Mechanical Weathering

(٨) التجوية الميكانيكية بالكائنات الحية

تقوم الكائنات الحية بدور لا يستهان به في تفكك صخور القشرة الأرضية، فالأشجار تضرب بجذورها في الشقوق سعياً وراء ما هنالك من ترنة هزيلة ورطوبة، فهي بذلك تقوم بتوسيع المفاصل، وفي النهاية تنفصل الكتل الصخرية وتقتلع من مواضعها. وأيضاً هناك بعض الحيوانات الأرضية مثل الجرذان والأرانب والفئران، والحشرات تحفر مآويها في باطن الأرض، فتساعد على تفتيت الصخر وإضعافه، كما تعمل سراطين البحر على تفكيك الصخور بدخولها للشقوق والفواصل، وتنش الخفافيش في أسقف الكهوف وتعمل على تفتيت مكوناتها.

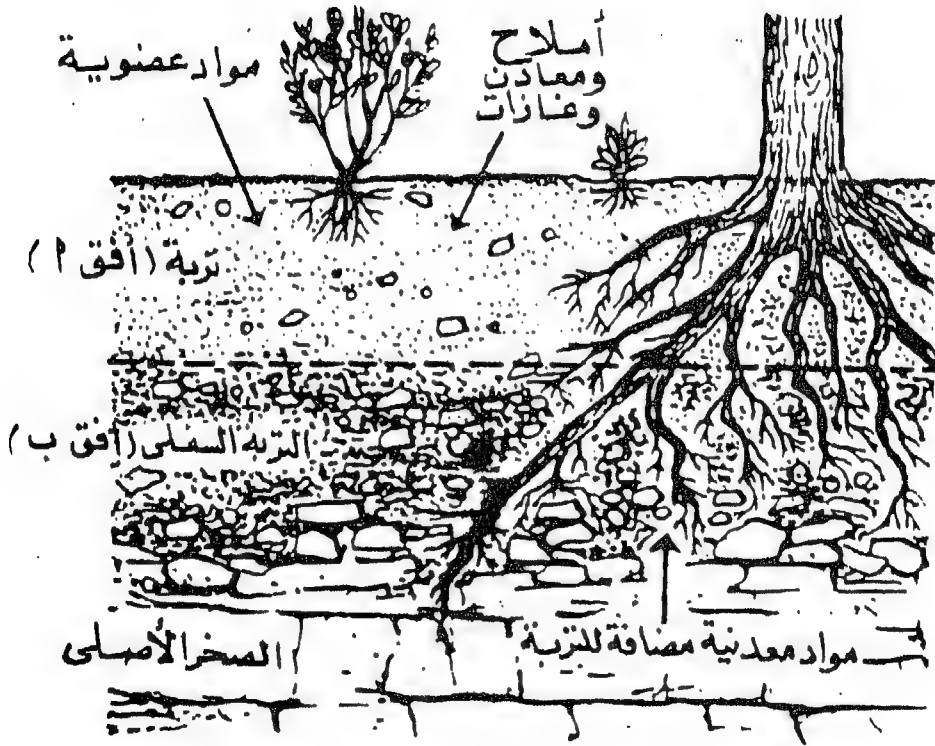
Termitaria

(٩) زوايا وتلال النمل الأبيض

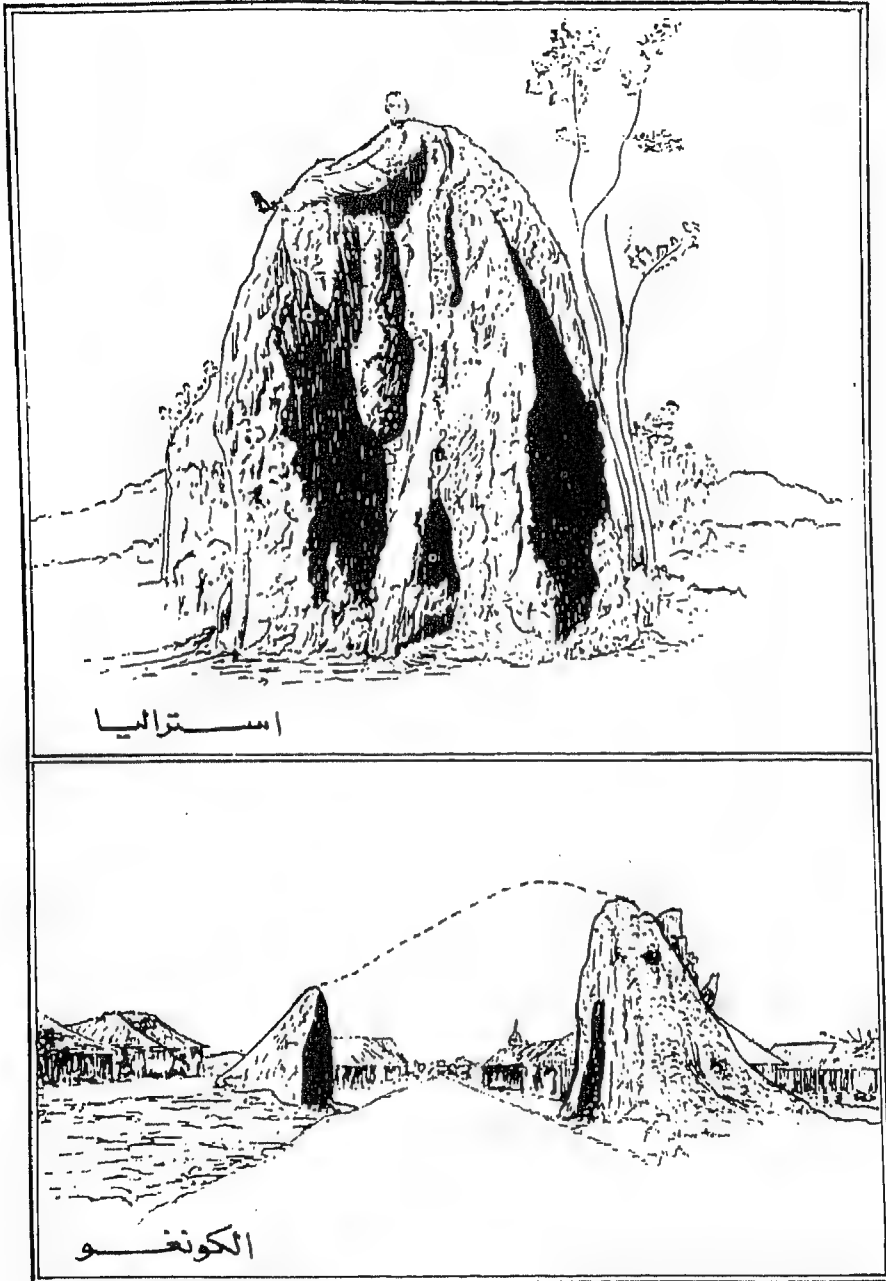
(Termite Mounds - Termite Hills)

تبدو زوايا النمل الأبيض كتلال مسحوبة القمة ومتسعة القاعدة، يصل ارتفاعها لنحو ٢٥ قدم، تنتشر في إفريقيا الإستوائية الصحارى الإستوائية. ويقوم النمل الأبيض White Ants ببناء هذه التلال ليتخذها مساكن تأويه، حيث يقوم بفرز وتصنيف المواد الرسوبية ومفتتات التربة الدقيقة الحجم، التي لا تزيد أقطار حبيباتها

عن المليمتر الواحد، ويعمل على تجميعها في كومات، ويفرز عليها بعض المواد اللاحمة من جسده، لينى تلاماً بيضاء اللون تصمد كثيراً أمام غزوات عوامل التعرية، لدرجة إضطر أمامها الإنسان لإزالتها باستخدام المفرقات عند تمهيد مواقع بعض المنشآت في استراليا.



(شكل ٥٩) التجوية الميكانيكية والكيميائية بجذور الأشجار

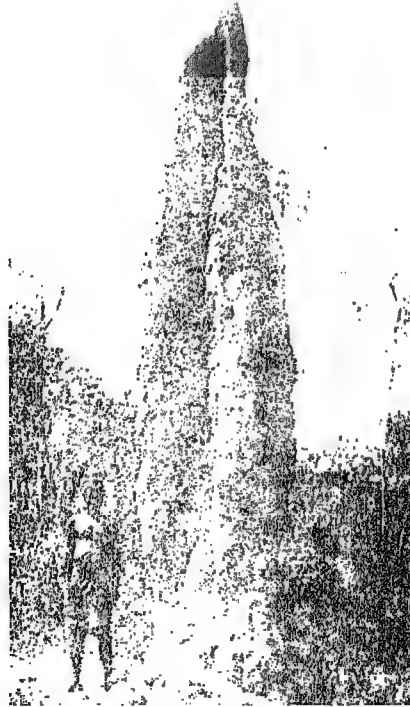


(شكل ٦٠) روابى النمل الأبيض «التيرميتاريا»

(After Lobeck, A., 1939)



(صورة ٤٦) تداخل جذور الأشجار بالفواصل الصخرية ومساهمتها في توسيع هذه الفواصل.
(After Strahler, A.N . 1968)



(صورة ٤٧) ربوة قام ببنائها النمل الأبيض قرب مدينة بورت دارون في أستراليا.
(U.S. Department of Agriculture)

Chemical Weathering

(ب) التجوية الكيميائية

التجوية الكيميائية عبارة عن تفاعل أو تأثير مكونات الصخر المعدني بالماء أو بخاره أو أحد العناصر الجوية، فتتحول مكونات الصخر أو بعضها إلى تراكيب جديدة تختلف عن المادة الأصلية، وتتم هذه العملية في موضع الصخر ودون أيه حركة.

Chemical Weathering Processes

(أ) عمليات التجوية الكيميائية

Solution

١- عملية الإذابة

عند تجمع المياه في الحفر والتسوءات والمنخفضات التي ترصع سطح الأرض، تبدأ المياه في التسرب عبر أسطح الانفصال الطبقي ونظم المفاصل وخطوط الضعف الجيولوجي الأخرى، حيث يبدأ تأثير إذابة التكوينات القابلة للذوبان في المياه، وخاصة الملح الصخري (الهاليت) والأحجار الجيرية بسبب قابلية كربونات الكالسيوم للذوبان بالماء الحامضي «يلعب معدل حموضة Ph. R. مياه الأمطار الرقم ٧»

Hydration

٢- عملية التميؤ (المدرجة)

إتحاد الماء أو بخاره بأحد العناصر التي يتألف منها الصخر، وينشأ عن هذا الإتحاد عنصر آخر أضعف تماسكاً من العنصر الأصلي، مما يؤدي إلى إضعافه، مثل تحول الفلسبار في الصخور الجرانيتية إلى طين الكاولين Kaolin، ومعدن إنهيدريت (كبريتات الكالسيوم اللامائية) إلى جبس (كبريتات كالسيوم مائية). كما تتأثر بعض أنواع الحجر الرملي المحتوية على الميكا بإتحادها بالماء وتتساقط حبيباتها أسرع من حبيبات الكوارتز، وهناك بعض المعادن تكبر أحجامها عند إتحادها بالماء، فيترتب على ذلك زيادة عدد سطوحها الخارجية، بينما تظل كتلتها الداخلية ثابتة، مما يساعد على انفصال قشورها.

Oxidation - Oxidization

٣- عملية الأكسدة

تفاعل الأكسجين الجوى مع أحد معادن الصخر وتحوله إلى أكسيده، وتكثر هذه العملية فى الصخور المحتوية على مكونات حديدية وخاصة إذا كانت بمعزل عن الهواء الجوى، وحينما تتعرض للمؤثرات الجوية يتحد فلز الحديد بالماء والأكسجين، فيتحول لونه من الأزرق أو الرمادى إلى اللون الأحمر أو البنى، وبالطبع تعد أكاسيد الحديد أقل صلابة من الفلز نفسه.

Carbonation - Carbonization

٤- عملية الكربنة

حينما يهطل المطر يحمل معه جزءاً من ثانى أكسيد الكربون الجوى، فيكون نوعاً من حامض الكربونيك المخفف، الذى تضعف أمامه المواد الكلسية وتتحول هذه المواد إلى بيكربونات كالسيوم التى تتميز بدورها بقابليتها الشديدة للإذابة فى الماء، أى أن هذه العملية تكون ملازمة لعملية الإذابة Solution وتبدو أوضح ما تكون فى المناطق الرطبة والساحلية وخاصة على طول أنظمه الفواصل الصخرية.

مياه الأمطار	+	ثانى أكسيد الكربون	<u>تساقط</u>	حامض كربونيك مخفف
حامض كربونيك مخفف	+	كربونات كالسيوم	<u>كربنة</u>	بيكربونات كالسيوم
بيكربونات كالسيوم	+	ماء	<u>إذابة</u>	رواسب جيرية وشوالب ناجمة عن التجوية الكارستية

(ب) أشكال التجوية الكيميائية Chemical Weathering landforms

Wetting and Drying Weathering

(١) تجوية الرطوبة والجفاف

تتعرض المناطق الساحلية للغمر والإنكشاف المتوالى بتأثير الأمواج وتيارات المد والجزر، فحينما تتعرض الصخور للبلل والجفاف بصورة متتابعة يومياً تضعف

مكوناتها القابلة للتحلل بالمياه، وخاصة الصخور المحتوية على نسبة كبيرة من المعادن الصلصالية. وهذه العملية تكون ملازمة عادة للتجوية الملحية Salt weathering. ولكن يتوقف عملها في الصخور التي تظل مبللة بصفه دائمة (جوده، ١٩٨٩، «أ»).

(٢) طلاء الصحراء

Desert Varnish

يطلق عليها أحياناً الأرصفة الصحراوية Desert Pavement أو درع الصحراء Desert Armor، وهى عبارة عن طبقة سطحية متماسكة شديدة الإستواء، وتشكل من تصاعد المياه المتسربة من باطن الأرض إلى السطح مرة أخرى بالخاصية الشعرية، حاملة معها الأملاح الذائبة كمحاليل مركزة، تنقل معها المواد الملحية أو الكلسية فتعمل على شدة تماسك الطبقة الرقيقة السطحية. وغالباً ما تكتسب هذه القطرات الصلبة ألواناً فاتحة تتألف من رواسب أكاسيد الحديد والمغنسيوم.

(٣) التجوية البضاوية (الكروية)

Spheroidal weathering

تشبه في مظهرها عمليات التورق الصخرى التى تحدث فى التقشر Exfoliation، وتبدو الأسطح الخارجية للصخر مشابهة للمظهر البصلى، ولكن تحت تأثير العمليات الكيميائية المتغيرة Chemical Alteration وخاصة فعل الإذابة بالمياه، وتحدث هذه الظاهرة فى الكتل الصخرية الجرانيتية بوجه خاص والدولوميت والبازلت وأيضاً الأحجار الرملية.

وتنتشر كتل الجلاميد الناتجة عن التجوية البضاوية القديمة (الحفرية) إبان فترات المطر البلايوستوسينى، وقد ميز (Barton, 1938, P. 111) بعض الجلاميد البضاوى الجرانيتى فى الصحارى المصرية وأرجع نشأته إلى فترة تتراوح بين ٢٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ سنة مضت، وتشكل تحت تأثير الظروف المناخيه الرطبه فى المناطق الصحراوية الحالية المتاخمة لأسوان، كما ميز الباحث عدد من كتل الجلاميد الكروية بمنطقة جبل قطرانى شمال منخفض الفيوم.

Sugarloaves

(٤) التلال المخروطية (أقماع السكر)

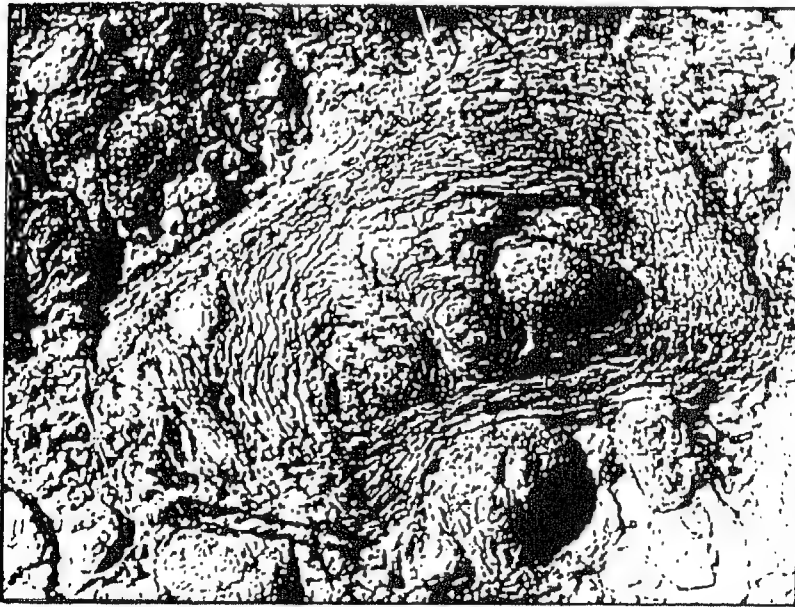
أطلق هذا المصطلح لأول مرة على بعض القباب الجرانيتية بمنطقة Rio على الساحل الشرقي للبرازيل، ثم شاع فيما بعد بالولايات المتحدة الأمريكية وخاصة بولايتي جورجيا وكارولينا الشمالية.

وتبدو هذه القباب المخروطية كتلال منعزلة Inselberges تتألف من صخور الجرانيت وتتميز بتقعر منحدراتها، وتنتشر على سطوحها الحفر pits والتتوءات والتكهفات Caves وتتخذ بالثلوم والحدوذ Grooves - Gutters

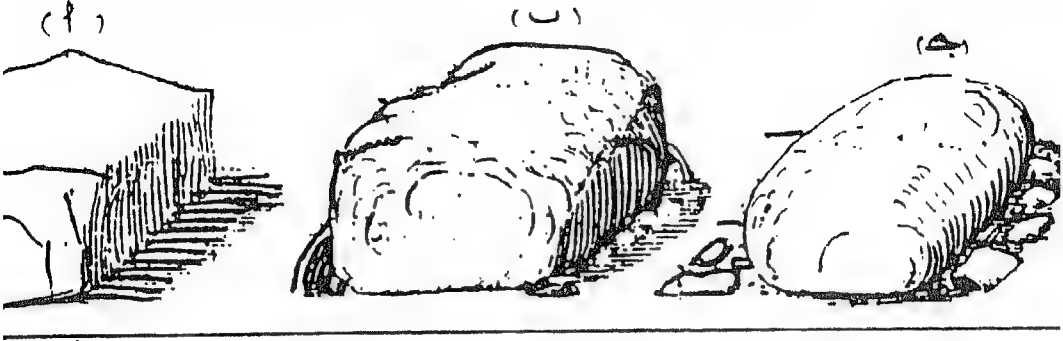
وتنشأ أقماع السكر في بداية الأمر بانفصال الكتلة الصخرية الجرانيتية عبر خطوط الضعف Lineaments وتظهر على شكل كتلة مكعبة أو مستطيلة تقاوم عوامل التعرية بالمقارنة بالأجزاء المجاورة لها، إلا أن جوانبها وهوامشها سرعان ما تستجيب لعوامل الوهن والضعف وتتحول إلى شكل شبه كروي أو بيضاوي Spheroidal على حين تزال الأجزاء المتاخمة لها تماماً، وتبدو ككتلة بيضاوية منعزلة، وتتأثر حوافها بعملية التميؤ Hydration حيث تتحد الفلسبارات ببخار الماء وتأكسد المعادن الحديدية - المغنيسية التي تدخل في تركيب الجرانيت، ويتبقى الكاولين المحتوى على حبيبات الكوراتز صامداً أمام عوامل التحلل.



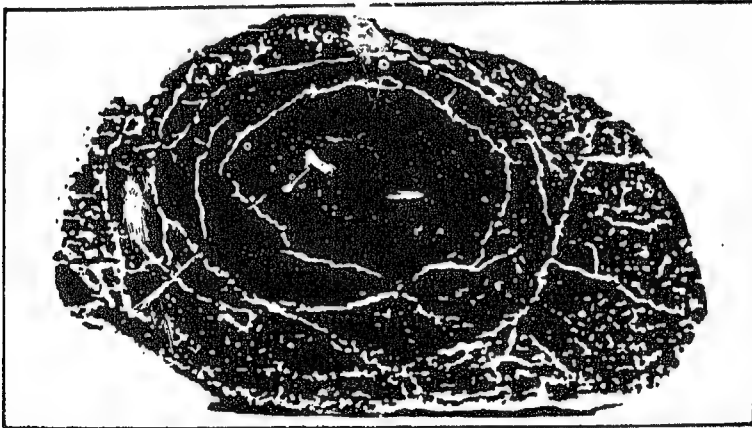
(شكل ٦١) تجوية بيضاوية في البازلت



(شكل ٦٢) كتل الدياباز البيضاوية بالنطاق الساحلى جنوب كاليفورنيا



(شكل ٦٣) تأثير عمليات التجوية في تعديل شكل الكتل الصخرية إلى المظهر البيضاوى



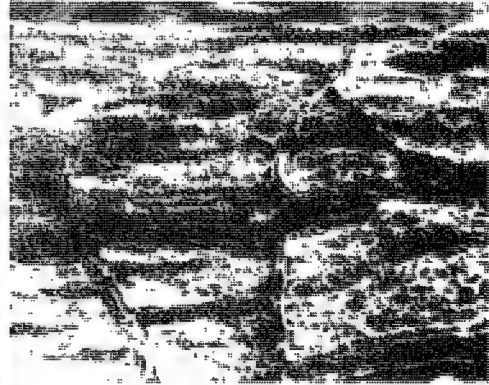
(شكل ٦٤) كتلة صخرية من الدياباز متأثرة بالتجوية البيضاوية (سيرانيفادا)

(صورة ٤٨) آثار عملية الإذابة تبدو واضحة على
تكوينات الحجر الجيري بوادي الأربعين في جنوب
سيناء.



(صورة ٤٩) آثار عملية الهدرجة في الأحجار
الرملية
(U.S Forest service).

(صورة ٥٠) توسيع الشقوق الصخرية بواسطة
نسدة العناصر الحديدية في صخور الجرانيت
منطقة Cape Patterson بولاية فيكتوريا
بأستراليا (Baker, A.A.)

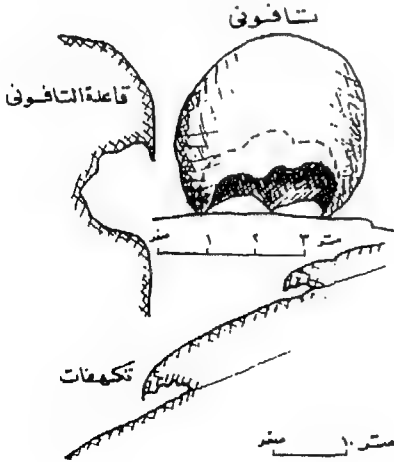


(صورة ٥١) عملية الكرنية بمياه الأمطار
وتأثيرها على توسيع الفواصل
(U.S.Forest service)

(٥) تكهفات التجوية (التافونى) Cavernous Weathering (Tafoni - Tafone)

أصل المصطلح إيطالى Tafone ثم حُرِف إلى Tafoni باللغة الفرنسية (بجزيرة كورسيكا)، ويطلق تعبير تافونى على الكهوف الصغيرة الحجم الناتجة عن فعل التجوية الكيميائية، وتحدث فى الصخور الجرانيتية الخشنة، كما تتأثر الأحجار الرملية والجيرية والشيست بهذه التكهفات التى تتراوح أبعادها من بضعة ديسمترات وقد تصل أعماقها أحيانا إلى المتر الكامل، وهى حفر كروية الشكل مجوفة من الداخل وتشبه إلى حد ما «خوذة الجندي»، وتتميز أسطحها الداخلية بصقلها وتقوسها. ويطلق تعبير «جانب التافونى» Side of Tafoni على الأوجه الداخلية المجوفة لهذه التكهفات، وتسمى الأوجه الخارجية للكتل الجلاميدية التى لم تتأثر بفعل التجوية الكيميائية «بقاعدة التافونى» Basal Tafoni، وتبدو تكهفات التافونى على شكل قباب التقشر ولكنها مجوفة ومعكوسة، ويطلق عليها أحيانا تعبير «التقشر السلبى» Negative Exfoliation، وتحدث هذه الظاهرة بالمناطق التى تتمتع بتغيرات حادة فى درجات الحرارة بالإضافة إلى هبوب رياح قوية قادرة على إزالة المواد المتحللة من داخل هذه التجاويف.

وتنتشر هذه الظاهرة فى الأقاليم المدارية وشبه المدارية وشبه الجافة، حيث لوحظت بمناطق متفرقة من جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية وصحراء غرب الأرجنتين، وإقليم ناميبيا وأجزاء من تنجانيقا، وقرب كردفان بالسودان وغرب استراليا، كما ميزها الباحث فى منطقة سانت كاترين بشبه جزيرة سيناء، متشكلة فى الصخور الجرانيتية بجبل الشيخ.



(شكل ٦٥) تكهفات التافونى

(٦) تجوية خلايا النحل

Honey Comb Weathering (Alveolar Weathering)

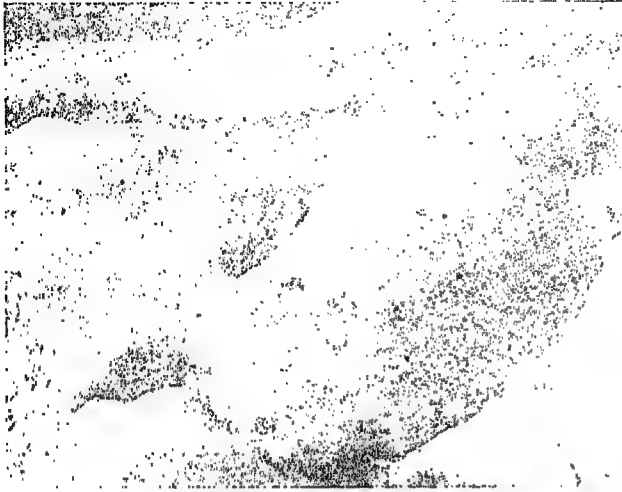
تشابه تجوية خلايا النحل مع تكهفات التافوني من حيث عامل' النشأة، إذ أن كلاهما ينشأ عن الإذابة بفعل المياه لبعض معادن الصخر في ظل ظروف التباين الحرارى، إلا إنها تختلف فى مظهرها المورفولوجى، إذ تبدو كنتوءات وحفر سداسية الشكل، تتميز بانتظام وتماثل أشكالها، ولايتعدى طول ضلعها أكثر من بضعة سنتيمترات، وتنتشر بالنطاقات الساحلية المتأثرة بتيارات المد والجزر، حيث تطفى مياه البحر على سطح الأرض، فتتسرب المياه وتعمل على تحليل وإذابه مكوناتها، إلى أن تأتى الرياح فتزيل نواتجها وتترك السطح عارياً، ترصعه بعض الحفر السداسية، ولوحظ إنتشار حفر خلايا النحل على طول سواحل Otway بفيكتوريا غربى استراليا.

(٧) التجوية العضوية

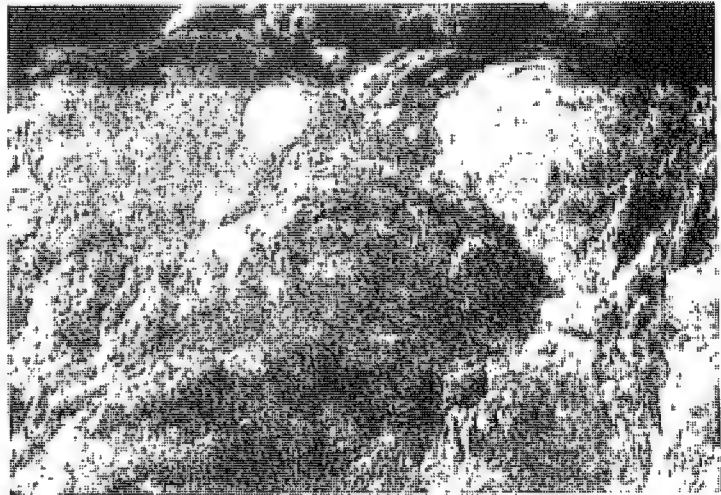
Organic Weathering

قد تحدث عمليات التجوية الكيميائية نتيجة التفاعل بين نواتج تحليل المواد العضوية النباتية والحيوانية أو الفضلات البشرية والحيوانية، وبين بعض أنواع صخور القشرة الأرضية (جوده، ١٩٨٩ ، «أ») مثل:-

- ١- تفرز أوراق وسيقان النبات المتحللة بعض المركبات العضوية القادرة على غزو المعادن الكربونية الموجودة بالصخور النارية والمتحولة، كما تتفاعل أيضاً مع المواد اللاحمة لبعض الصخور الرسوبية، ويتخلف عن هذه التفاعلات مواد رسوبية تستطيع أن تتفاعل بدورها مع بعض المكونات الأرضية.
- ٢- تفاعل الفضلات البشرية والحيوانية وروث الطيور وذرَق الحشرات مع عناصر القشرة الأرضية.
- ٣- يساعد ثانى أكسيد الكربون الذى تفرزه الحشرات والنباتات على تحليل التكوينات الجيرية.



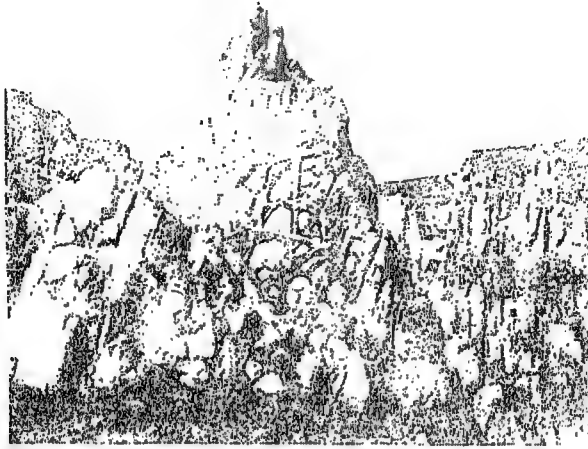
صورة ٥٢) تجوية الرطوبة والجفاف فى الأحجار
لبيرة الميوسينية بمنطقة عجيبه غربى مرسى
طروح .



(صورة ٥٣) كتل الجلاميد
الكروية بمنطقة جبل قطرانى
شمال منخفض الفيوم .



صورة ٥٤) كتل جرانيتية بيضاوية
بوادى فيران- جنوب سيناء .



(صورة ٥٥) تآكل صخور الدولوريت بمنطقة North Queens ferry بدرجة أسرع من المادة اللاصقة وتشكيل
بعض النتوءات ذات الأشكال الهندسية تشبه خلايا النحل
(Institute of Geological sciences)



(صورة ٥٦) أعشاش طيور البشاروش جنوبي جزيرة أندروس - الباهاما.
(American Museum on Natural History)

(ج) الأشكال المتبقية عن عمليات التجوية

Residual Features of Weathering

Weathering Basal Surface

١- مستوى التجوية القاعدي

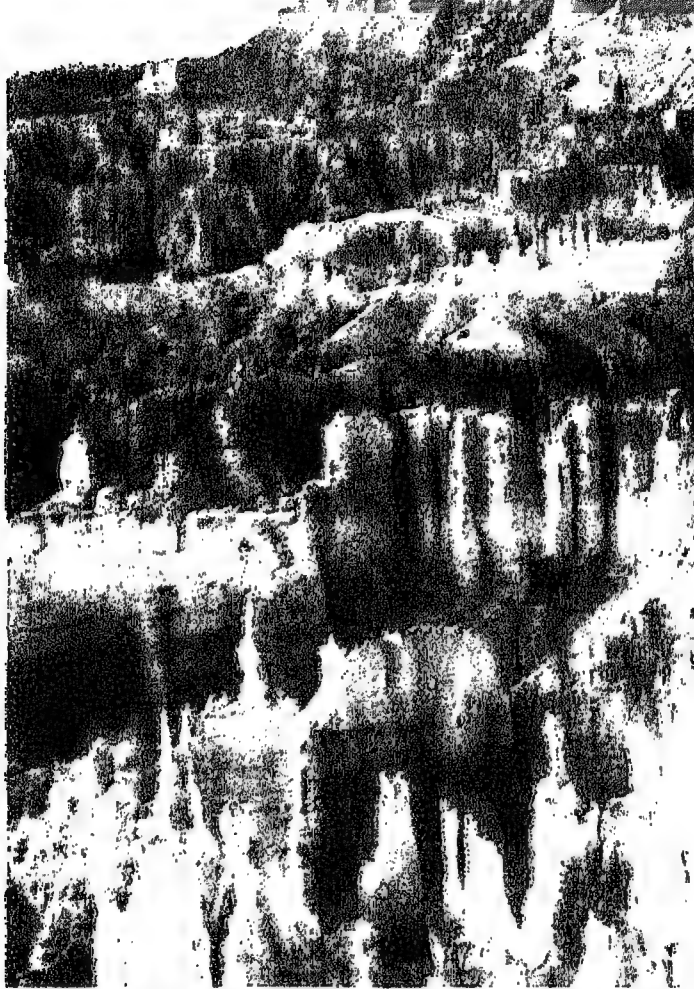
مستوى التجوية القاعدي هو أقصى عمق يمكن أن تصل إليه مؤثرات الضعف الناجمة عن فعل التجوية، أي الحد الفاصل بين المواد المجواه والأساس الصخري، وهو عادة ما يبدو وعراً وتظهر به المنخفضات والمرتفعات، ويتحدد عمق هذا المستوى بعدة عوامل أهمها:

- ١ - نوع الصخر ومدى مقاومته لعوامل التفكك والتحلل.
- ٢ - طبيعة البناء الصخري ومدى تأثيره بالنظم المفصلية.
- ٣ - المناخ ويشمل طبيعة الإشعاع الشمسي ونظام التساقط وكميته.
- ٤ - درجة إنحدار سطح الأرض.
- ٥ - نوع الغطاء النباتي.

وكلما اشتدت بواطن الضعف بالصخر وازداد تأثيره بالنظم الخطية يصبح فريسة سهلة أمام غزوات التجوية، وتتسرب المياه إلى أعماق أكبر، ويكون أكثر تأثيراً بالتباين الحراري، خاصة بالأجزاء العارية من الغطاء النباتي وركامات المواد المجواه، وتظهر الأجزاء البارزة من مستوى التجوية على شكل كتل صخرية صلبة وتلال متبقية تعرف بأحجار القلب Core stone.

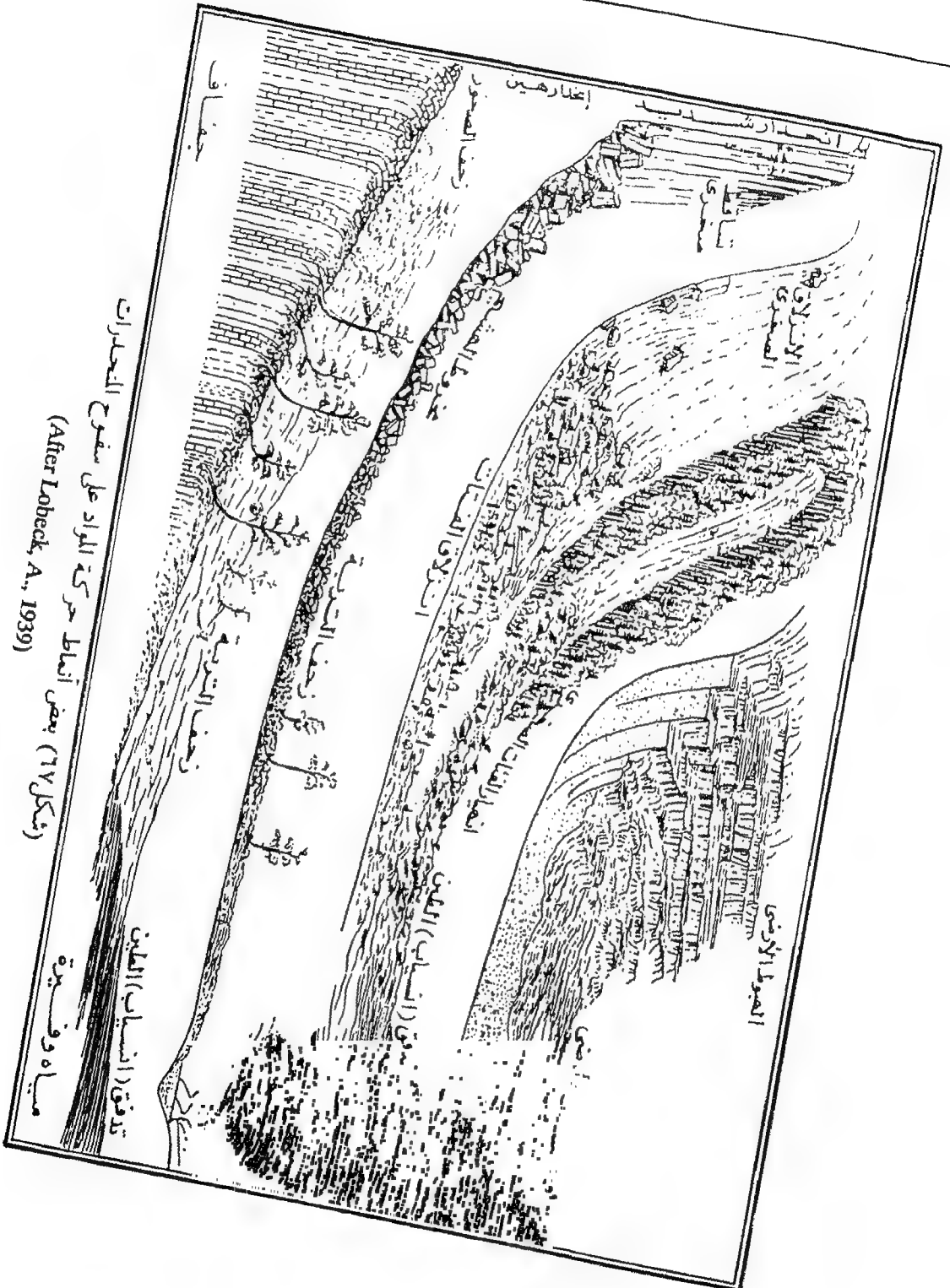


(شكل ٦٦) مستوى التجوية القاعدي



(سورة ٥٧) تدرج الألوان على مستويات التجوية المختلفة تبعاً لتباين مناسيب الماء الباطني، منطقة خائق
Bryce بولاية أوتاه الأمريكية.

(After Hardy, A.v., and Monkhouse, F.J, 1966)



تدفق (النسياب) الطين
مياه وفيرة
(شكل ٦٧) بعض أنماط حركة المواد على سفوح المنحدرات
(After Lobeck, A., 1939)

أنماط حركة المواد على سفوح المنحدرات^(١)

الهبوط	الزحف	التدفق (الإنسياب)	الإنزلاق	السقوط (التساقط)
رطب-جاف شبه متجمد	رطب - جاف شبه متجمد	تدفق جاف:	رطب-جاف شبه متجمد	
١-الهبوط الصخري	١-زحف الصخور	١-تدفق صخري	١-إنزلاق الصخور	١-التساقط الصخري
٢-هبوط التربة	٢-زحف الفتات	٢-تدفق الركام	٢-إنزلاق الحصى	٢- تساقط التربة
٣-الهبوط الأرضي	٣-زحف الركام	٣-نهر صخري	٣-الإنزلاق الأرضي	٣-تساقط الفتات
	٤-زحف التربة	٤-تدفق تربة (طين- لوس-رمل)		٤-إنهيار الفتات
		٥-تدفق فتات (تدفق الحصى)		
		تدفق رطب:		
		١-تدفق التربة		
		٢-تدفق الطين		
		٣-التدفق الأرضي		
		٤-تدفق الفتات		
		تدفق شبه متجمد (فى العروض الباردة):		
		١-تدفق صخري		
		٢-إنزلاق التربة		

لاحظ أن التربة: لا يقل حجم حبيباتها عن ٠,٠٧٩ مم
الفتات: خليط من حطام الصخور والتربة ويتراوح حجم حبيباته بين ٠,٠٧٩ إلى ٢ مم.

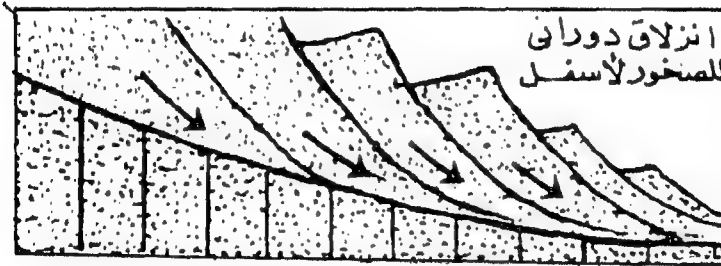
(١) After: Savage, C. N., 1951.

بعض نماذج لأشكال حركة المواد على سفوح المنحدرات المسببه للنحت

Soil Creep

(١) زحف التربة

يعد زحف التربة من أكثر أشكال حركة المواد بالجاذبية الأرضية شيوعاً، وهو عبارة عن حركة بطيئة تحدث على المنحدرات الهينة سواء للمفتتات أو التربة، وتنتشر في المناخات المعتدلة والمدارية. ويمكن ملاحظتها بالعديد من الشواهد مثل: ميل أعمدة التلغراف والأسوار وجزوع الأشجار بسبب دفعها بتراكم هذه الرواسب عليها.



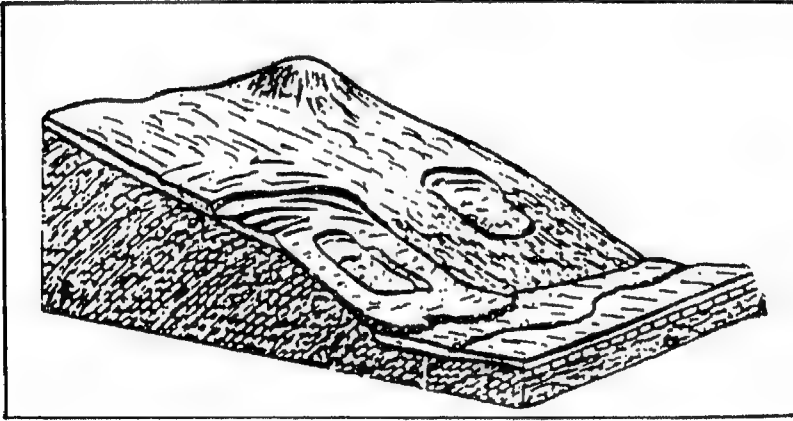
(شكل ٦٨) شواهد زحف التربة

Rock Creep**(٢) زحف الصخور**

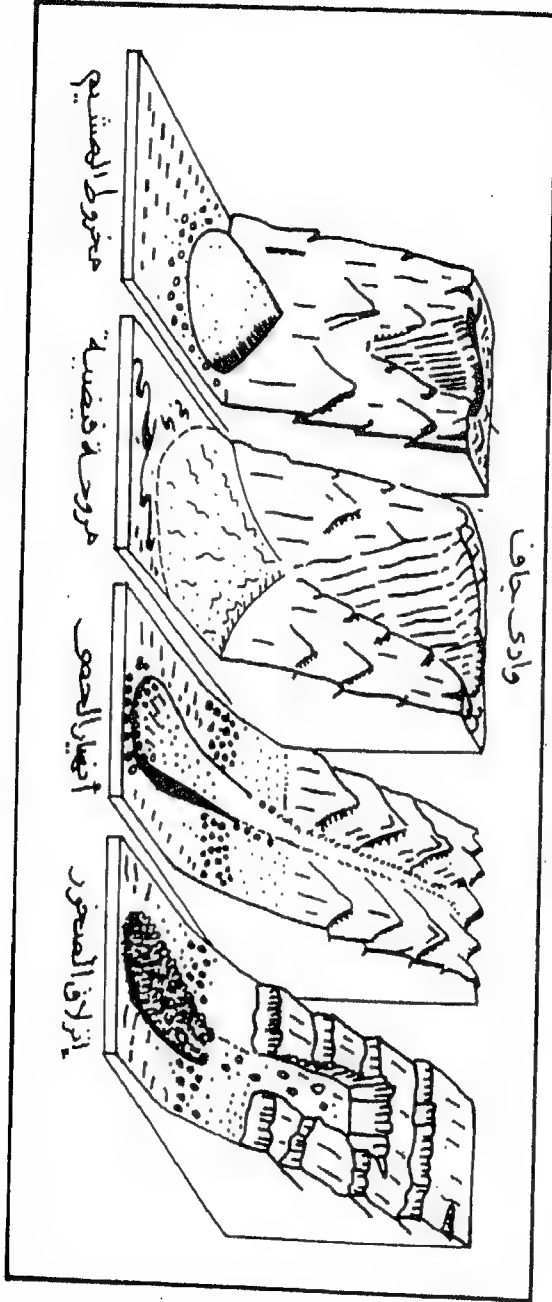
تحدث عملية الزحف الصخرى عادة في المناطق التي تتشكل من الأحجار الرملية والكونجلوميرات، خاصة إذا كانت متأثرة بنظم الفواصل المتعامدة شديدة التكاثف، والتي تسهم في إضعاف الصخر وسهولة تفككه، وتحرك هذه الكتل الصخرية على منحدرات صخرية مصقولة.

Earth Flow and Mud Flow**(٣) التدفق الأرضي والتدفق الطيني**

يطلق على هذه العملية أحياناً تعبير الإنسياب الأرضي، وهي تعد من أنماط الحركة السريعة، وهو يرتبط بحركة المواد الرطبة ولكن تتميز التدفقات الأرضية بضعف إنحدار سفوحها بالمقارنة بالتدفقات الطينية التي تتطلب منحدرات أشد، وتحتوى موادها الطينية على كميات أكبر من المياه، وهي تنتشر بالمناطق ذات الأمطار الغزيرة، فتسبب تحرك طبقة سميكة من الطين الخالي من الكساء النباتي من إرتفاع يناهز الكيلومتر الكامل ولمسافات قد تصل إلى عشرات الكيلومترات.



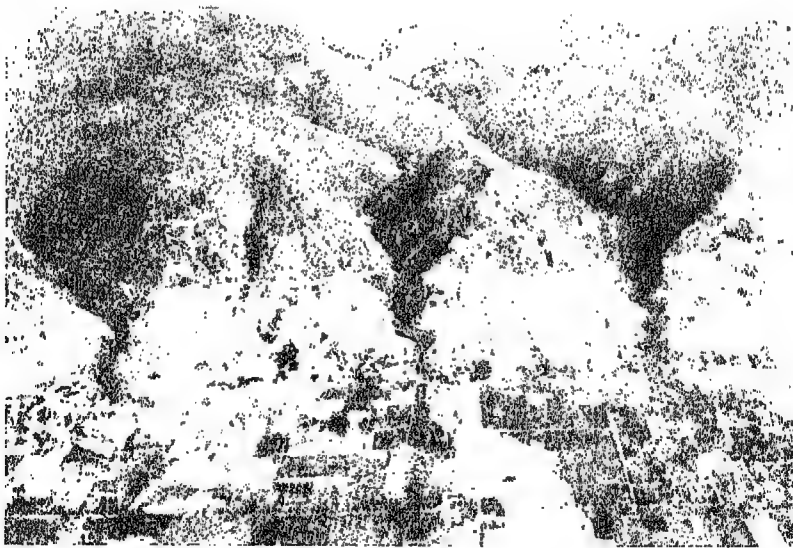
(شكل ٦٩) مجسم يوضح إنزلاق التربة



(شكل ٧٠) بعض أشكال حركة الصخور والفتات والرواسب على المنحدرات.



(صورة ٥٨) سياج حجري متأثر بزحف التربة



(صورة ٥٩) تدفق طيني حدث عام ١٩٣٠ بمنطقة خانق Parrish بولاية أوتاه الأمريكية
(United state forest service)

(٤) الإنزلاق الأرضى

Landslides

أحدى عمليات حركة المواد السريعة على سفوح المنحدرات، وهى تحدث بصورة فجائية على الرغم من عدم تشبع موادها بالمياه، ولكن يتوقف تعرض الحافات الصخرية لعملية الإنزلاق على عدة شروط هى:-

١ - تعاقب صخور صلبه منفذة للمياه فوق طبقة سميكة من الصخور الطينية والصلصالية.

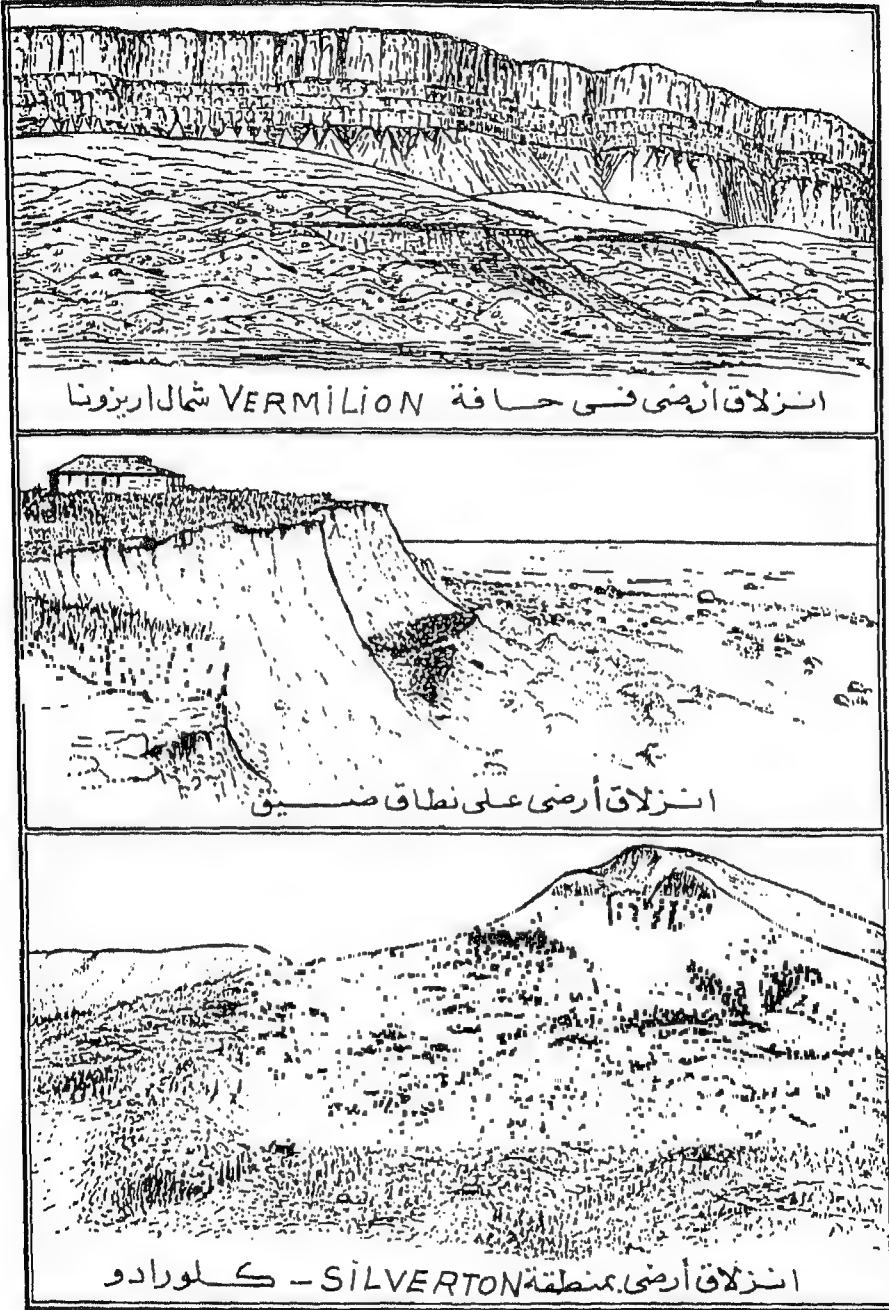
٢ - ميل الطبقات فى إتجاه المنحدر.

٣ - تشبع الطبقة الطينية بالمياه سواء المتسربة من الطبقة المنفذة العليا أو تحت سطحياً.

٤ - ندرة الغطاء النباتى الذى يعوق عملية الإنزلاق.

٥ - شدة إنحدار الحافة (أكثر من ٣٠ درجة).

وينتج عن تراكم المواد المنزلقة تشكيل مجموعة من الحواجز يتفق عددها مع عدد مرات تراجع الحافة، كما تبدو الحافات المتأثرة بالإنزلاق على شكل أقواس تشبه نعل الفرس Horse - Shoe وتتراكم أسفلها حواجز الإنزلاق Slide Ridges.



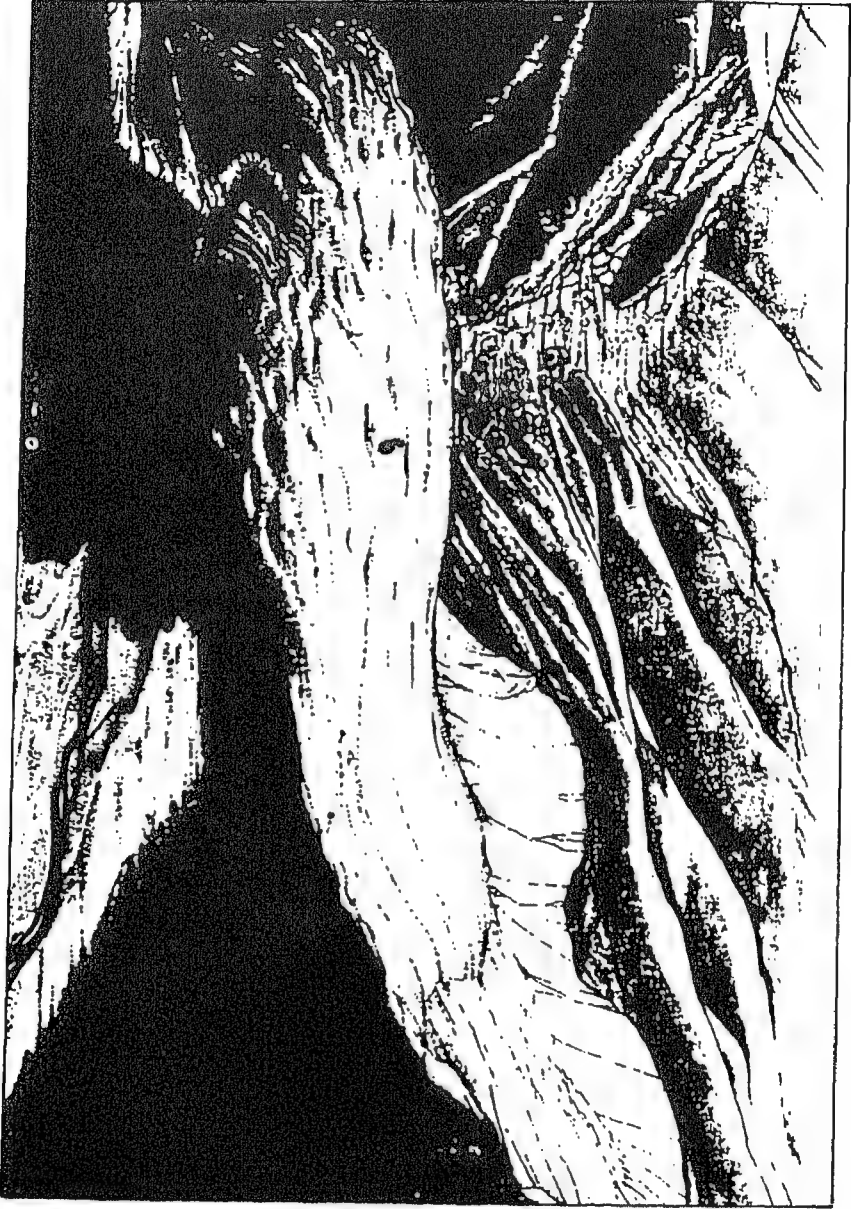
(شكل ٧١) بعض نماذج للإنزلاق الأرضى

(After Lobeck., A., 1939)



(صورة ٦٠. ٦١) إنزلاق أرضى فى منطقة Hope فى كولومبيا البريطانية بكندا، حدث فى ٨ يناير ١٩٥٦،
 إنزلق خلالها نحو ٤٧ مليون متر ٣ من الحطام الصخرى من إرتفاع ٦٠٠ متر وسرعة ١٦٠ كم/ ساعة
 (After Shelton, I.S., 1966)



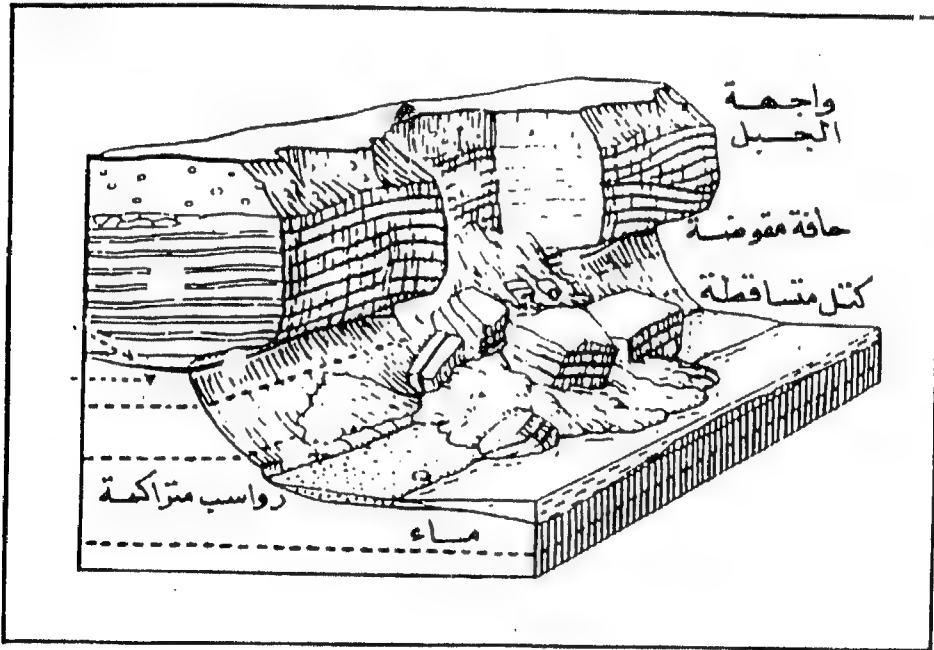


(شكل ٧٢) رسم تخطيطي لإنزلاق أرضي بجبال سان غابرييل - كاليفورنيا

Rock Fall

(٥) تساقط الكتل الصخرية

أحد أشكال الحركة السريعة بفعل الجاذبية الأرضية، وتحدث عند اعالي الحافات الصخرية الشديدة الإنحدار والجرفيه، وبخاصة تلك المتأثرة بنظم الفواصل المتشابكة. وتتم هذه العملية بصورة فجائية في ثوان معدودة، ودون تدخل أى عامل من عوامل التعرية، ومن النادر رؤيتها فى الحقل، ولكن يمكن الإستدلال على زمن حدوثها بدراسة شكل الكتلة المتساقطة، ودرجة تأثيرها بعمليات النحت الحديثة من حيث الصقل ودرجة الإستدارة، ومدى الاختلاف اللونى لقشرتها الخارجية، ومطابقتها على القمة الأصلية لهذه الكتلة.

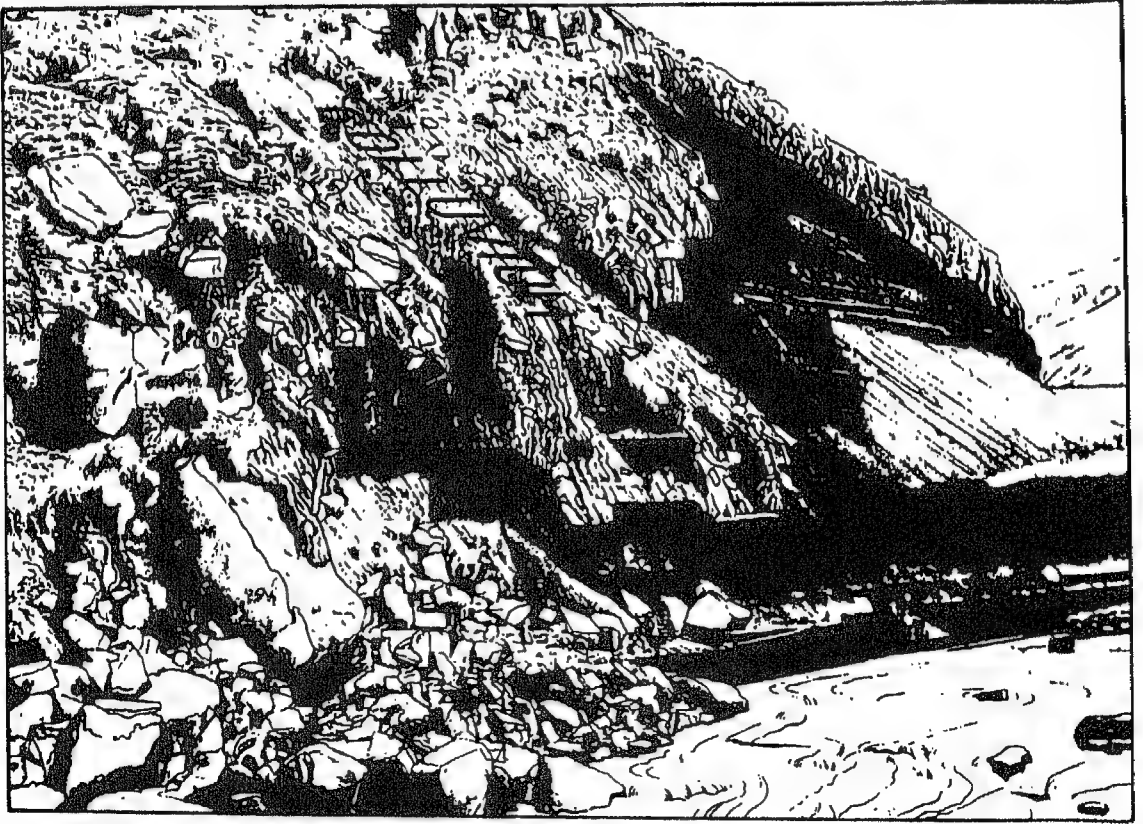


(شكل ٧٣) تساقط صخرى

(٦) إنزلاق الكتل الصخرية

Rock Slides

من العمليات الجيومورفولوجية النادرة وتشبه الإنزلاق الأرضي ولكن تتشكل المواد المتحركة في هذه الحالة من الكتل الصخرية في ظل الظروف المساعدة لحدوث عملية الإنزلاق، وأهمها تشبع الطبقة الطينية بالمياه بحيث تعمل على تشحيم سطح المنحدر فتقلل الإحتكاك بينه وبين الكتل المتحركة، كما تسهم الشقوق والفواصل الصخرية المتشابكة في سرعة انفصال الطبقة الصخرية المنزلقة على السطح الشديد الإنحدار.

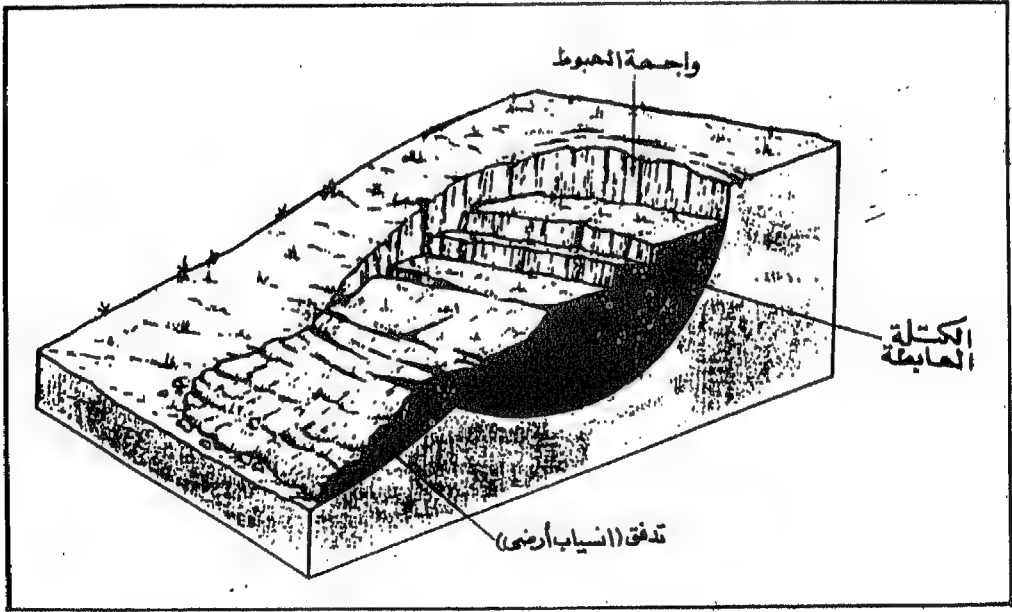


(شكل ٧٤) إنزلاق صخري على الضفة اليمنى لنهر انجيل - كلورادو

Subsidence

(٧) الهبوط الأرضى

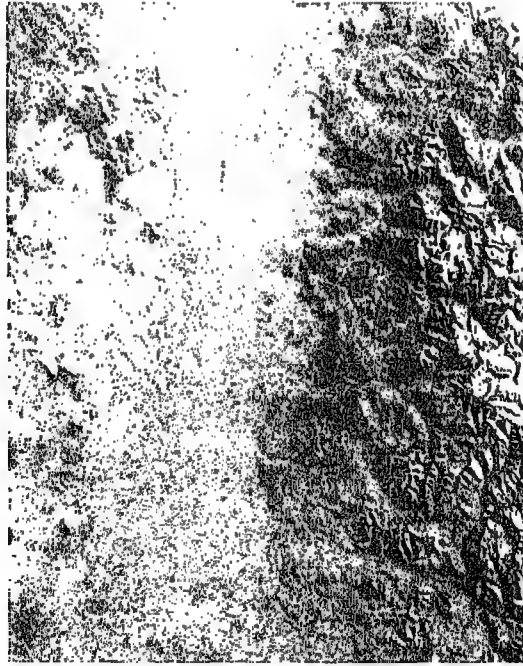
- تحدث عملية الهبوط الأرضى تحت تأثير عدد من الظروف المساعدة هي:-
- ١ - تحلل الطبقة السفلية للمنحدرات السطحية بتأثير الماء باطنى وخاصة بفعل الإذابة للأحجار الجيرية وتعرض أسقف الكهوف الجيرية للهبوط والإنهيار.
 - ٢ - إختلال توازن المناجم وهبوط الطبقات السطحية للمنجم.
 - ٣ - عدم ثبات رواسب الطفل الجليدى السفلية وهبوط الرواسب التى تعلوها.
 - ٤ - الضغط الناتج عن تراكم الرواسب والمفتتات الصخرية فوق طبقات هشة.
 - ٥ - هبوط أجزاء من المدن والطرق والسكك الحديدية بسبب تآكل المواد النحت السطحية، وكذلك وجود الآثار البشرية المدفونة.



(شكل ٧٥) حركة هبوط أرضى متعددة المراحل



(صورة ٦٢) هبوط أرضى بمقاطعة ماديسون بولاية مونتانا الأمريكية
(American Museum of Natural History)



(صورة ٦٣) مرئية فضائية توضح السفوح الغربية لجبال الأنديز بشيلي، لاحظ إمتداد السلسلة الجبلية فى الجزء الأيمن من الصورة الذى تقطعه مجموعة الأودية
«لاندسات» ألوان غير حقيقية».

Piedmont**(أ) منحدر البيدمونت**

يطلق على منحدر البيدمونت أحياناً تعبير نطاقات حضيض الجبال Mountain Foot Zones وهو يتألف من العناصر الآتية (من أعلى لأسفل) :

Mountain Top**«أ» قمة الجبل**

نعنى بها الجزء العلوى من الحافة الصخرية وكثيراً ما تكون متأثرة بنظم الشقوق والفواصل وظروف التجوية بنوعيتها، مما يساعد على شدة نحتها وتراجعها خلفياً.

Mountain Front**«ب» واجهة الجبل**

ويمثل منحدر الجبل Mountain أو الحافة Scarp وتتميز بشدة إنحدارها الذى يصل أحياناً إلى الجرف القائم تماماً، وترتبط الأجزاء المحدبه من المنحدر بمكاشف الصخور الصلدة، أما الصخور اللينة فتتفق مع الواجهة المقعرة للمنحدر، ولذلك يتفاوت معدل تراجع المنحدر تبعاً لمدى صلابته، ومرحلة تطوره التحتاتى.

Piedmont Angle**«ج» زاوية البيدمونت**

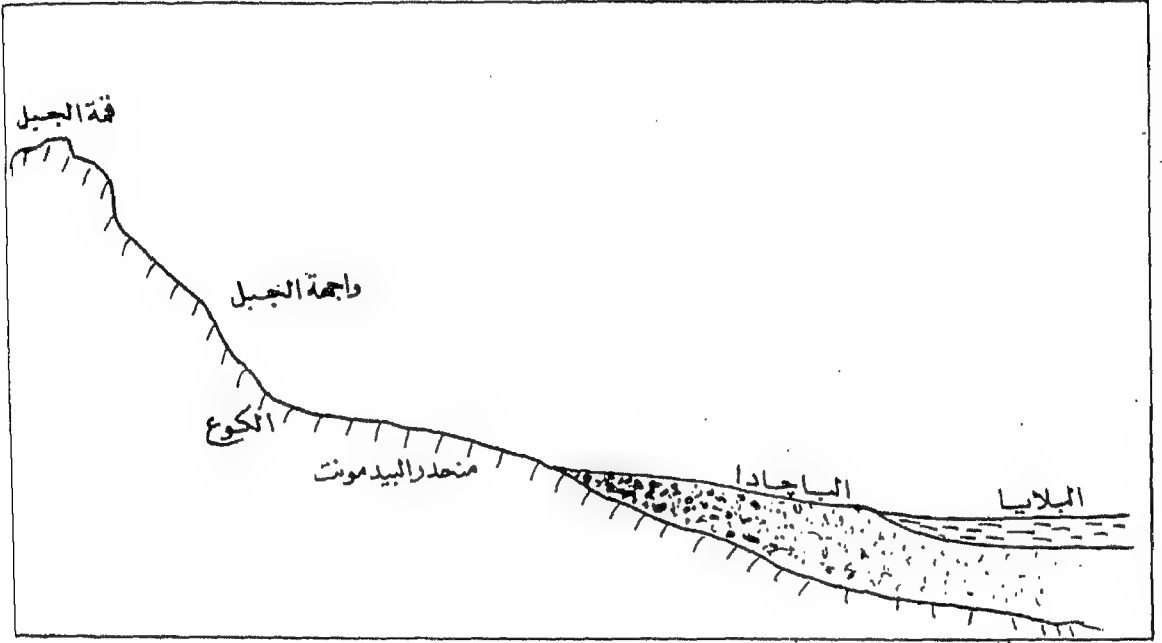
ويطلق عليها أحياناً تعبير كوع الجبل (المنحدر) Mountain Knick وهى تمثل موضع إتصال واجهة الجبل أو المنحدر وسطح الأرض المتاخم لها. وكثيراً ما تنظم زاوية البيدمونت أسفل مراوح رسوبية عظيمة السمك، متراكمة من الحافات التى تعلوها، ولكن فى كثير من الأحيان تنكشف منطقة الكوع بسبب نشاط عوامل نقل المواد من الجزء العلوى من سهل البيدمنت Pediment.

Pediment Plain**«د» سهل البيدمنت**

سهل صخرى هين الإنحدار يقع أسفل كوع الجبل مباشرة نزلاً إلى الباجادا أو النطاق الرسوبى الفيضى Alluvial Zone ويظهر سهل البيدمنت مقعراً فى مظهره العام وينحدر إنحدار هيناً لايزيد عن السبع درجات. ويتفاوت إتساعه بين بضعة أمتار ونحو الكيلومتر، ويتألف قسمه العلوى من سطح مصقول نتيجة إندفاع المواد

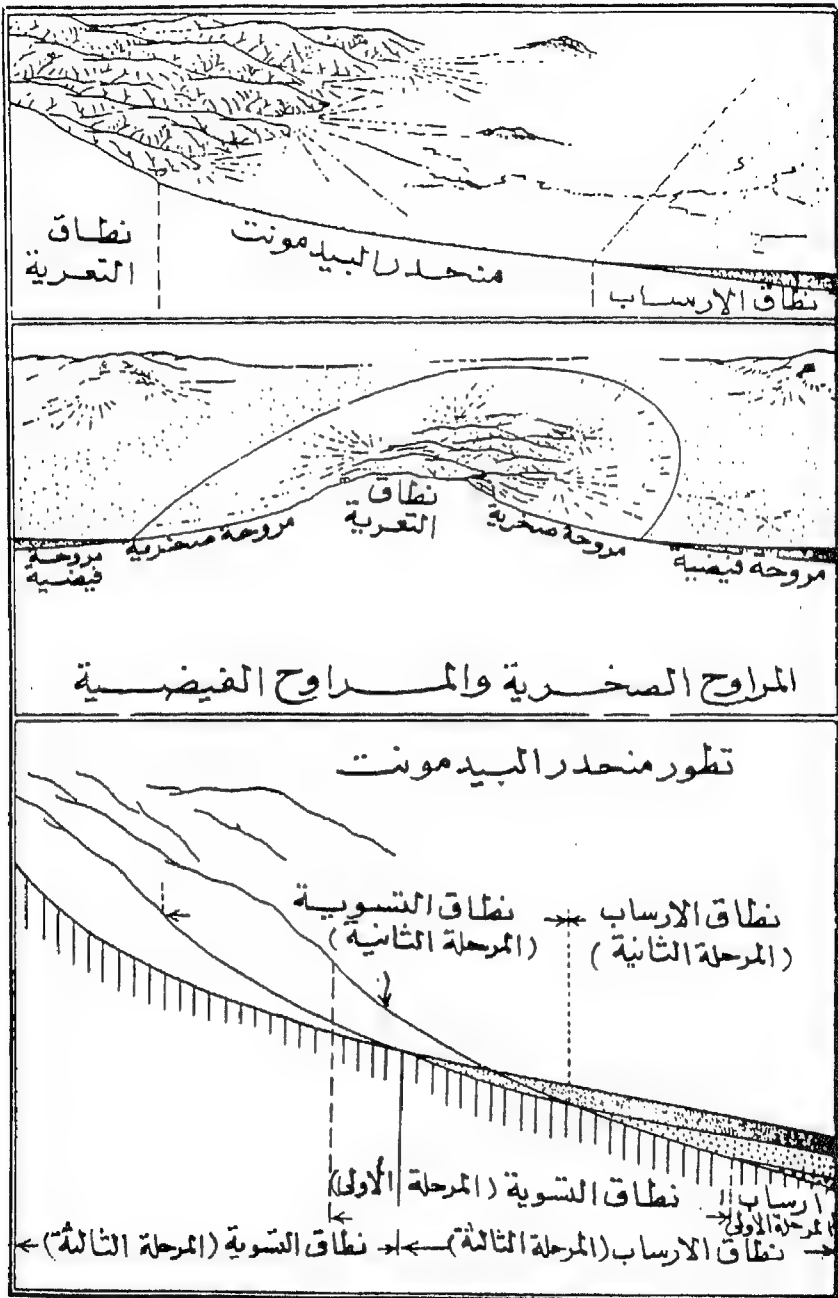
الزاحفة على سطحه، حتى تفقد طاقة حركتها فتترسب تدريجياً مكونة نطاق الباجادا الرسوبي^(١).

وقد تتأثر سهول البيدي بعملية التقطيع النهري مما يشير إلى حدوث عملية تجديد جيومورفولوجي للمنطقة كمرحلة تالية لتشكيلها.



(شكل ٧٦) أجزاء منحدر البيدمونت

(١) راجع ظاهرة الباجادا بالفصل الرابع، أشكال الإرساب.



(شكل ٧٧) بعض أشكال التعرية بالماء الجارى

فى المناطق الصحراوية

ثالثاً : أشكال النحت بالرياح

تسهم الرياح فى نحت وتعرية بعض أجزاء سطح الأرض تحت تأثير عدد من الظروف المساعدة هى:-

- ١ - شدة الرياح وإستمرارها لفترات زمنية طويلة نسبياً.
- ٢ - غالباً ما تكون الرياح محملة بالغبار أو ذرات الرمل لتعمل كمعاول تصطدم بمكونات سطح الأرض اللينة فتهدمها.
- ٣ - تصادف الرياح المحملة بالرمل أجزاء صخرية ضعيفة وتقوم الرياح بدورها كعامل نحت بإحدى الوسيلتين الآتيتين:-

الأولى هى التذرية Deflation وتتم بقوة دفع التيارات الهوائية وإحتكاكها بالسطح وتعمل بالتالى على جر أو حمل المواد الصخرية المفككة أو الضعيفة التماسك أو ألمجواه، سواء المشتقة من الراوسب الفيضية أو الجليدية أو رمال السواحل. ويسهم خلو المنطقة من الغطاء النباتى، وشدة جفافها فى عظم تأثير الكشط الهوائى.

الثانية فهى البرى Abrasion وهى تتم بالرياح المسلحة بذرات الرمال، فتعمل على كشط الأجزاء الضعيفة من الصخر التى تستجيب للنحت والإزالة، وتتم هذه العملية على إرتفاع قريب من سطح الأرض لايتعدى المترين.

وفيما يلى عرض لأهم الأشكال الجيومورفولوجية الناجمة عن النحت الهوائى:

Ventifaces - Wind Kanters

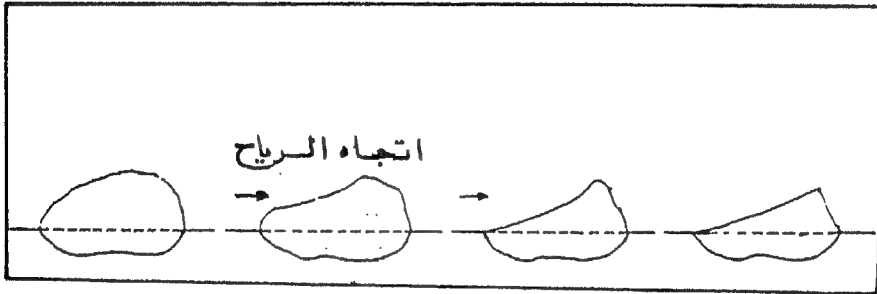
(١) الوجه ريحيات

يطلق عليها أحياناً تعبير الحصوات المنشورية Dreikanter أو الحصوات المشطوفة الأوجه Ventifaces. وتنشأ عن الصقل المستمر لأحد أوجه الحصوات المواجه للرياح السائدة، مما يسهم فى كشطها وتآكلها المستمر، ويشير عدد الأوجه المشطوفة إلى عدد إتجاهات الرياح السائدة بالإقليم، فهناك حصوات ثنائية الأوجه، والثلاثية الأوجه.. وقد لوحظ إختلاف تأثر أنواع الصخور بالكشط، فنجد أن الحصوات المكونة من الحجر الجيرى سرعان ما تستجيب للصقل، بينما يصمد الصوان لفترات زمنية طويلة نسبياً أمام هجمات الرياح.

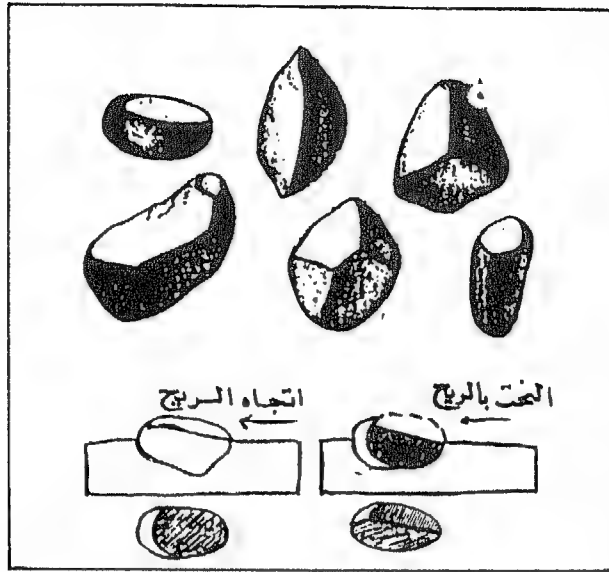
Yardanges

(٢) تضاريس الiardانج - الحرافيش

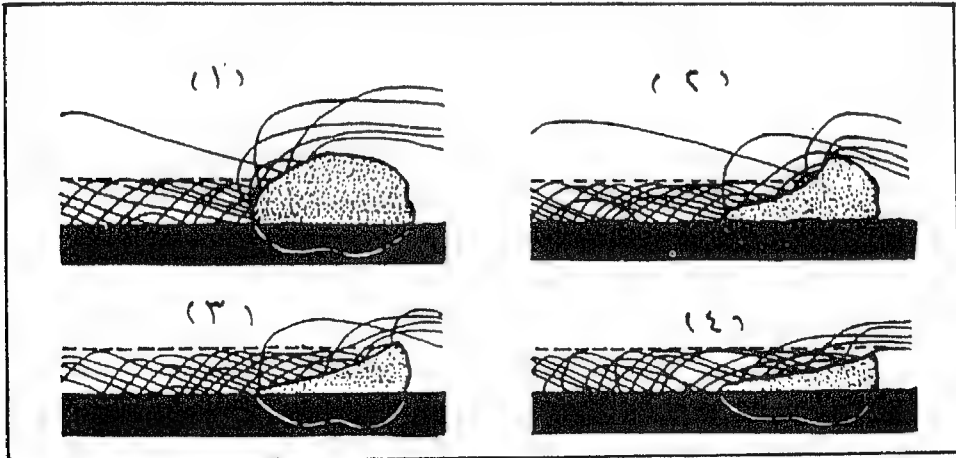
أطلق هذا المصطلح لأول مرة على بعض الأشكال الصخرية الغريبة حُفرت في الرواسب البحرية القديمة في صحراء تركستان، وهي تتكون من أخاديد وقنوات طويلة ضيقة، تفصل فيما بينها أعداد من الكتل الحجرية المستطيلة تشبه ضلوع الحيوان، تشكلت بسبب اصطدام الرياح المحملة بذرّات الرمال، فتمكنت من كشط وتخفيض المواضع الضعيفة دون الصلدة. كما تسهم نظم الفواصل المتوازية الطويلة في تشكيل تضاريس الiardانج، ومن أمثلتها تلك المتناثرة بمرتفعات تبستى جنوب الصحراء الليبية، وتنتشر أيضاً على هوامش منخفض الخارجة بالصحراء الغربية المصرية.



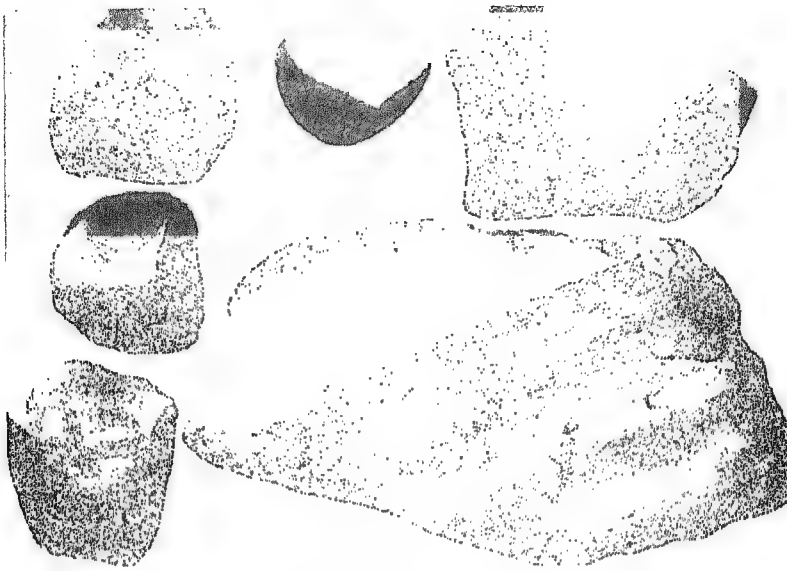
(شكل ٧٨) تأثير الرياح على كشط الحصوات



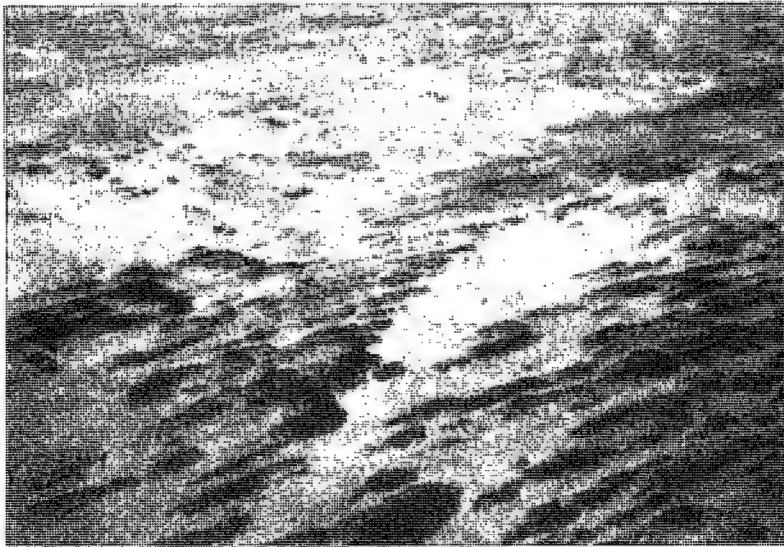
(شكل ٧٩) أشكال الوجه ريحيات



(شكل ٨٠) مراحل تشكيل الوجه ريحيات



(صورة ٦٤) حصوات متأثرة بالكشط بالرياح



(صورة ٦٥) صورة جوية مائلة لتضاريس الiardانج في مرتفعات تبستي جنوب ليبيا،

ساهمت نظم الفواصل المتوازية في تشكيلها. (After Pesce, A., 1968)

(٣) المنخفضات الصحراوية

Depressions

مناطق حوضية مغلقة بالصحارى تغور تحت السطح بضعة أمتار وحتى مئات الأمتار، وتترامى قيعانها لتصل إلى آلاف الكيلومترات المربعة، أكبرها مساحة وادى السرحان المغلق بالمملكة العربية السعودية (٢٥ ألف كم^٢)، ومنخفض القطارة بالصحراء الغربية المصرية (٢٠ ألف كم^٢). وتختلف أشكال هذه المنخفضات بين المستدير المنتسح الجوانب كالجفر بالأردن، وحوض فزان بليبيا، والشريطى المتعرج كمنخفضات الواحات الخارجية والداخلية المصرية، والأهليلجى كمنخفض البحرية، والمستطيل المغلق كوادى السرحان السعودى، ويتوقف شكل وأبعاد المنخفض على ظروف نشأته (صلاح البحيرى، ١٩٧٩ «ب»)

وتتشكل المنخفضات الصحراوية بتأثير عوامل التحلل المائى والبرى والإكتساح بالرياح، وإعادة إنكشاف السطح أمام المؤثرات الخارجية مرة أخرى. ولكن يرتبط تشكيل المنخفضات بأحد عوامل الضعف الجيولوجى الآتية:-

«أ» خطوط الإنكسار ونظم الفواصل الصخرية :

تسمح خطوط الضعف الخطية بنفاذ عوامل التعرية داخل الصخر فتضعفه، وتعمل على تعميق السطح وتوسيعه وتسهيل مهمة الإكتساح والإزالة الهوائية. وتعد منخفضات الهضبة الشرقية للأردن من أوضح الأمثلة لهذا النوع من المنخفضات الصحراوية، وأيضاً وادى السرحان الأخدودى الهابط بالسعودية.

«ب» الثنيات المحدبة :

من المعروف أن قمم الثنيات المحدبة تشكل أضعف أجزاءها، ولذا تظهر على سطوحها مجموعة من الفواصل الطولية، تنفذ خلالها عوامل التحلل المائى والتفكك الحرارى، ثم تكتسح موادها المعجوة بالرياح، فتتسع هذه الشقوق وتعمق بإطراد. ومن أمثلتها منخفض الواحة البحرية الذى نشأ فى بنية قبابية، والواحات الخارجية التى يرتبط وجودها بظلية محدبة بسيطة.

«ج» الثنيات المقعرة :

تسمح البنيات الصخرية المقعرة بتجمع الماء الباطني وتسربه تحت سطح الأرض، وتعمل الخاصية الشعرية على رفع منسوب المياه نحو السطح مرة أخرى، فتساعد على تحليل مكوناته وإكتساحها بالرياح.

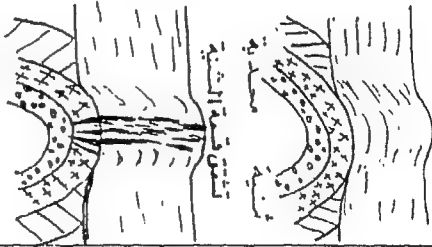
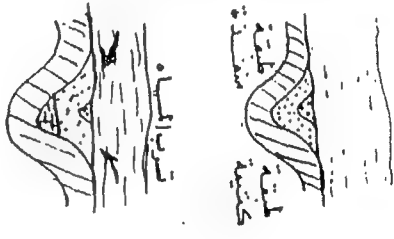
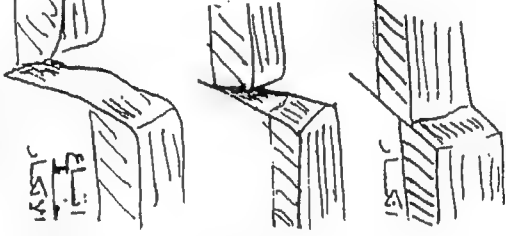
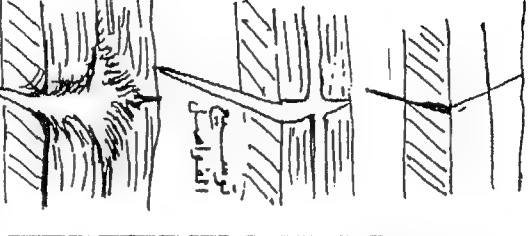

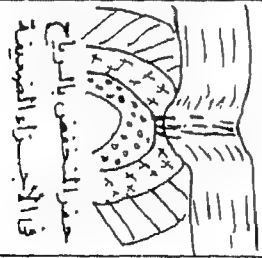
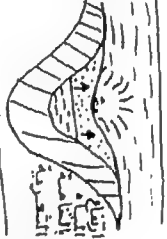

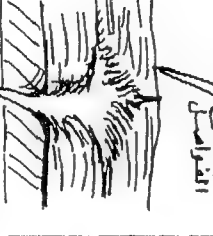

«د» خطوط التماس الجيولوجي :

نطاقات حدية فاصلة بين التكوينات الجيولوجية المختلفة، تتكون على حوافها بعض الحفر والفجوات، وكثيراً ما تلتحم مع بعضها مكونة نطاقاً غائراً من السطح، مثل نطاق الإلتحام الصخري بين الطفوح البازلتية الصلبة مع الصخور الكلسية الصوانية بمجموعة المنخفضات الأردنية والسعودية، وخط التماس الجيولوجي بين تكوين مارماريكا الجبيري وتكوين المغرة الرملية بمنخفض القطارة (مجدى تراب، ١٩٩٣).

Wind Caves - Wind Blowouts

(٤) ثقب أو كهوف الرياح

عبارة عن تجاويف تنحت في الأجزاء اللينة من الصخور، حيث تعمل الرياح على جر وحمل المفتتات والمواد الصخرية المجواه، وتترك وراءها بعض الفجوات المتواضعة الإتساع المحدودة المساحة، ترتبط أساساً بالأحجار الرملية والجيرية في المناطق المكشوفة من الغطاء النباتي التي تتميز بالجفاف.

أنواع الجيوبولوجيا	شنيقة محسنة	شنيقة متعسرة	انكسار	نظم فواصل متعامدة	خط التماس الجيوبولوجي
<p>مراحل نشأة المنخفضات المحصورة</p>	<p>تشتق قمة الشنيقة</p> 	<p>تشتق قمة الشنيقة</p> 	<p>انكسار</p> 	<p>نظم فواصل متعامدة</p> 	<p>خط التماس</p> <p>انكسار بالرياح</p> <p>تشتق القمة</p> 
	<p>في الأجسام الضخمة</p> 	<p>تشتق قمة الشنيقة</p> 	<p>انكسار</p> 	<p>نظم فواصل متعامدة</p> 	<p>خط التماس</p> <p>انكسار بالرياح</p> <p>تشتق القمة</p> 

(شكل ٨١) تأثير العوامل الجيولوجية على نشأة المنخفضات المحصورة

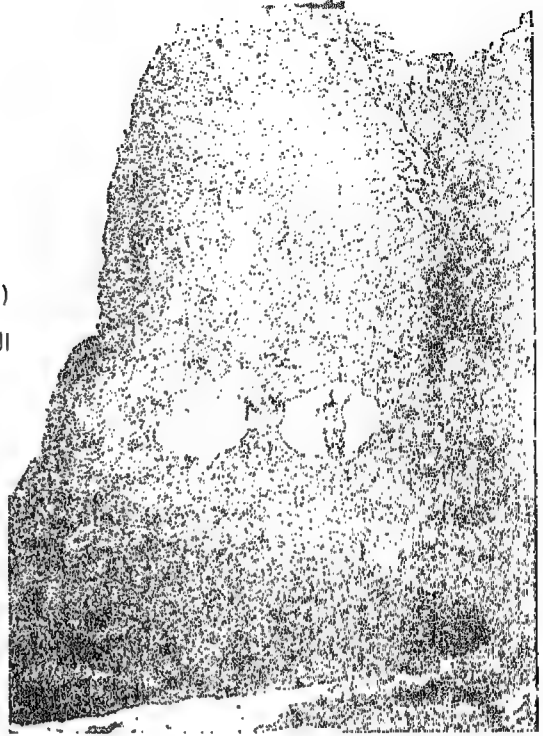


(صورة ٦٦) منخفض صحراوي محدود المساحة كجزء من منخفض الفيوم، لاحظ إمتداد الخواف الغربية للمنخفض.



(صورة ٦٧) منخفض صحراوي تنمو به بعض شجيرات الزيتون والتين والتخيل جنوبى جبل الدكرور بسيوة، لاحظ نشع المياه الباطنية بالأجزاء المنخفضة من سطح الأرض.

(صورة ٦٨) منظر فريد لثقوب الرياح فى الأحجار
الرملية بوسط تركيا
(After Ireland H., 1939)



(صورة ٦٩) عمود من الحجر الرملى انفصل عن
الحافة المجاورة له بتأثير توسيع الشقوق الرأسية
بعمليات التجوية وإزالة المواد المجواه بالرياح فى
Wyomin بالولايات المتحدة الأمريكية
(U.S. Forest Service)

(٥) المداخن الصحراوية

Rock Chimneys

أحد الأشكال الجيومورفولوجية المركبة النشأة، تتكون بسبب توسيع الشقوق والفواصل الرأسية المستمر، نتيجة توغل المؤثرات الحرارية والإذابة بفعل المياه، حتى تنفصل بعض الأعمدة الرأسية عن الحافة المجاورة لها، بعد إكتساح الرياح للمواد المجواه لتقف هذه المداخن صامدة بإرتفاع يصل لعشرات الأمتار.

(٦) الجمال الصحراوية

Desert Camels

مظهر صحراوي طريف يتكون من تذرية الرياح فى الأحجار الرملية الجيرية على وجه الخصوص، فقد تتخذ أحياناً بعض الأشكال المألوفة للبشر، مثل الجمال الصحراوية أو رؤوسها فقط، أو الأبقار... وغيرها.

ومما يذكر أن هناك كتلة صخرية كبيرة الحجم تشبه رأس الرئيس الأمريكى الراحل جون كيندى تقف رابضة شمالى مدينة شرم الشيخ، كانت تستغل سياحياً أثناء الاحتلال الإسرائيلى لسيناء.

(٧) حفر التذرية

Deflation Hollows

تتكون حفر التذرية حينما يتعرض سطح الأرض لإزالة الأتربة والرمال تاركة وراءها حفراً تغور لبضعة سنتيمترات، وقد تتسع فجواتها لتصل لعدة كيلومترات، وتزيد أعماقها عن المائة متر، مثل الفجوات المتناثرة بصحراء منغوليا. وقد درس المؤلف بعض الفجوات الطولية الإنكسارية النشأة شمالى منخفض القطارة، حيث تتبعثر حفر التذرية الطولية موازية للحافة الشمالية للمنخفض ذاته، وتشير إلى احتمال تكونه بنفس الأسلوب (مجدى تراب، ١٩٩٣).

ويكثر وجود حفر التذرية بالمناطق المكونة من الأحجار الرملية خاصة فيما بين الكثبان، حيث تتركز التيارات الهوائية بين التلال المتجاورة، وتشتد طاقتها فتعمل على تذرية الرمال من السطح بسرعة، فتشكل بعض الحفر الطولية موازية لإتجاه الرياح السائد.

(٨) الأعمدة الترابية

Earth Pillars

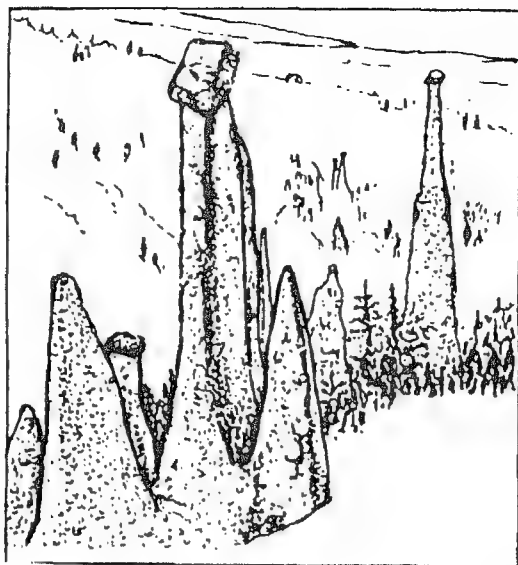
الأعمدة الترابية من الأشكال الناجمة عن فعل النحت بالرياح، فى ظل ظروف التجوية الكيميائية بماء المطر، كالأهرام الترابية Earth Pyramids، والأصابع الترابية Earth Fingers وغيرها..

وتتكون الأعمدة الترابية من رؤوس طويلة قائمة تنتهى فى أعلاها بكتل جلمودية أصلب من الأجزاء المرتكزة عليها، ويتراوح إرتفاعها بين ٨ و ١٠ أمتار. فإن الكتلة العلوية كانت تقع فى الأصل على سطح الأرض مباشرة، حيث تمكنت عوامل النحت من تآكل الطبقة السطحية اللينة فظهرت هذه الكتلة ناتئة فوق السطح يتوجهها الجلمود، وقد تتشكل الطبقة السطحية فى صخور أفقية أو مائلة. ولعل أحسن الأمثلة لهذه الأعمدة توجد فى إقليم التيرول، وإقليم البادلاند فى أمريكا الشمالية. وتسمى الأعمدة الترابية بعدة أسماء محلية منها الهودو Hoodo فى أمريكا، ودموازيل Demoiselles فى الألب الفرنسية وبنتنس Penitents فى أمريكا الجنوبية.

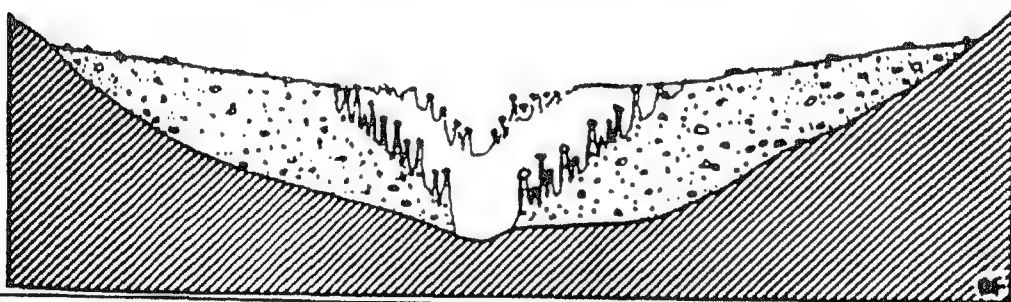
(٩) البطيخ المصقول:

يعد البطيخ الصخرى المصقول من الأشكال الجيومورفولوجية التى أثارت العديد من التساؤلات عند محاولة تفسير نشأتها، حيث تنتشر هذه الظاهرة شمال منخفض الفيوم ببضعة كيلومترات، على شكل حقل متسع من الربوات المتصلبة تتخذ بعضها الشكل النصف كروى، والبعض الآخر يظهر كأجراس الكنائس، ويتفاوت إرتفاعها بين بضعة ديسيمترات ونحو المتر الكامل.

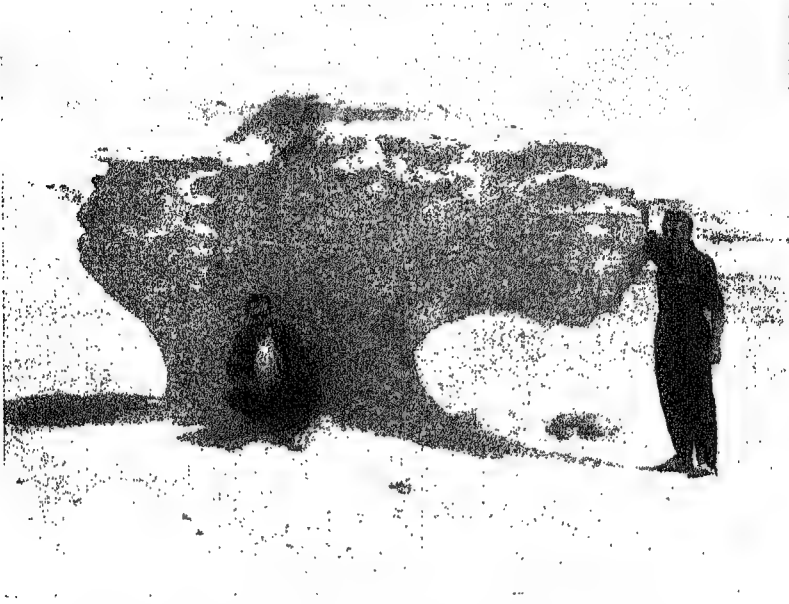
ولعل أقرب التفسيرات لنشأة هذه الروابي، ما ذهب إلى إفتراض تشكيلها نتيجة النحت والإكتساح بالرياح فى ظل وجود بعض العقد الصوانية الصلبة تركزت فى بعض أجزاء الحجر الرملى فأكسبته بعض الصلابه أمام فعل البرى بالريح.



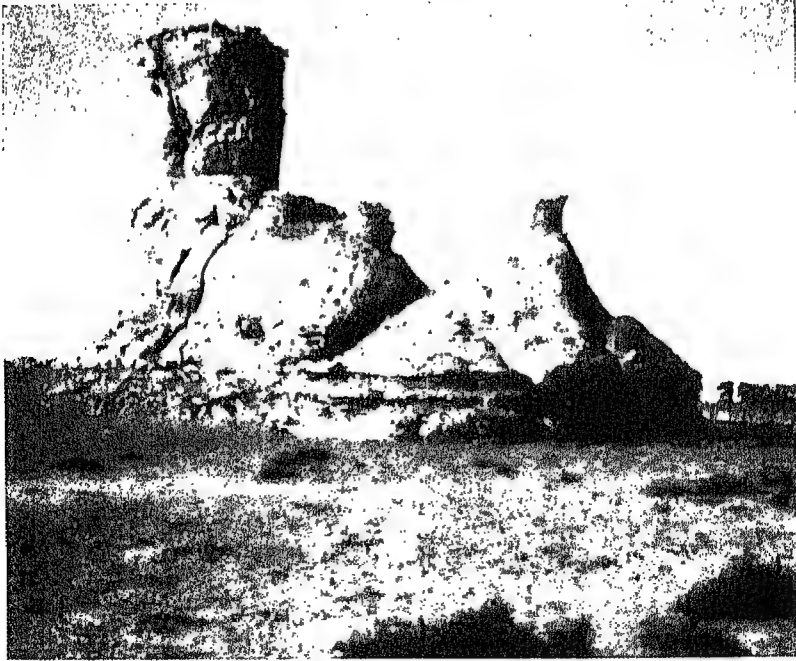
(شكل ٨٢) أعمدة الدموازيل



(شكل ٨٣) نشأة الأعمدة الترابية في إقليم التيرول



(صورة ٧٠) رأس جمل متشكل فى الأحجار الجيرية بمنخفض القطارة
بالصحراء الغربية المصرية



(صورة ٧١) جمل صحراوى منحوت فى الأحجار الرملية قرب واحة الداخلة بالصحراء الغربية المصرية



(صورة ٧٢) أعمدة ترابية في منطقة
Nevsehir بتركيا ، (هيئة السباحة التركية).



(صورة ٧٣) عمود ترابي في خانق
chelly - بولاية أريزونا الأمريكية
(After Hardy A. and Monkhousa, F., 1966)

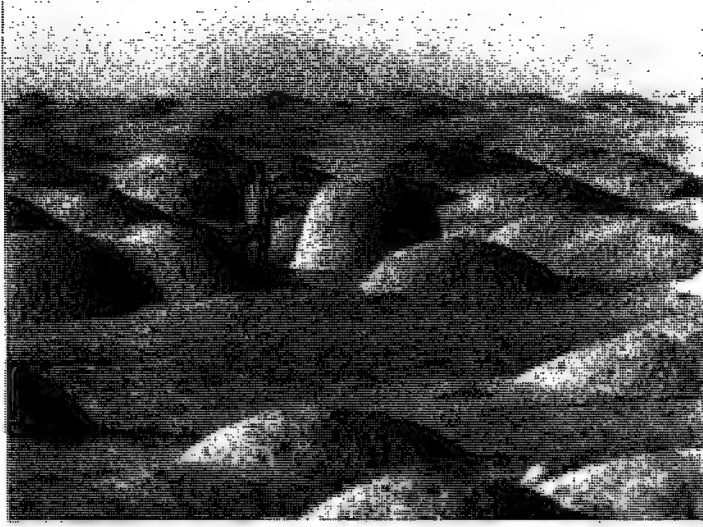
(١٠) الكبارى الطبيعية

Natural Bridges

تتميز الكبارى الطبيعية بتعدد العوامل المساهمة فى تشكيلها، فقد تنشأ نتيجة النحت النهري مثل «جسر الحجر بنهر الكلب» فى لبنان، كما تتكون هذه الظاهرة نتيجة فعل الإذابة فى التكوينات الجيرية بالأقاليم الرطبة، وقد تتشكل أيضاً بفعل نشاط النحت البحرى، مكونه الأقواس أو الكبارى البحرية Marine Arches - Bridges. وعلى الرغم من تشابه المظهر المورفولوجى العام للكبارى الصحراوية مع الأشكال السابقة، إلا أن عامل النشأة يختلف، فنجد أنها تتكون نتيجة نشاط الإكتساح بالرياح للمواد المعجوة عبر نطاقات الضعف الجيولوجى.

(١١) الأنياىب الصخرية :

بروزات أو مسلات صخرية تنشأ عن توسيع الشقوق والفواصل عبر الحافات الصخرية المكونة من الحجر الرملى والجيرى، ويطلق هذا التعبير محلياً فى شبه الجزيرة العربية.



(صورة ٧٤) البطيخ المصقول شمال منخفض الفيوم .



(صورة ٧٥) كوبرى طبيعى فى الأحجار الرملية بكالورادو
(American Museum of Natural History)



(صورة ٧٦) ناب صخرى فى الأحساء بشبه الجزيرة العربية (عن الغنيم، ١٩٨٤)

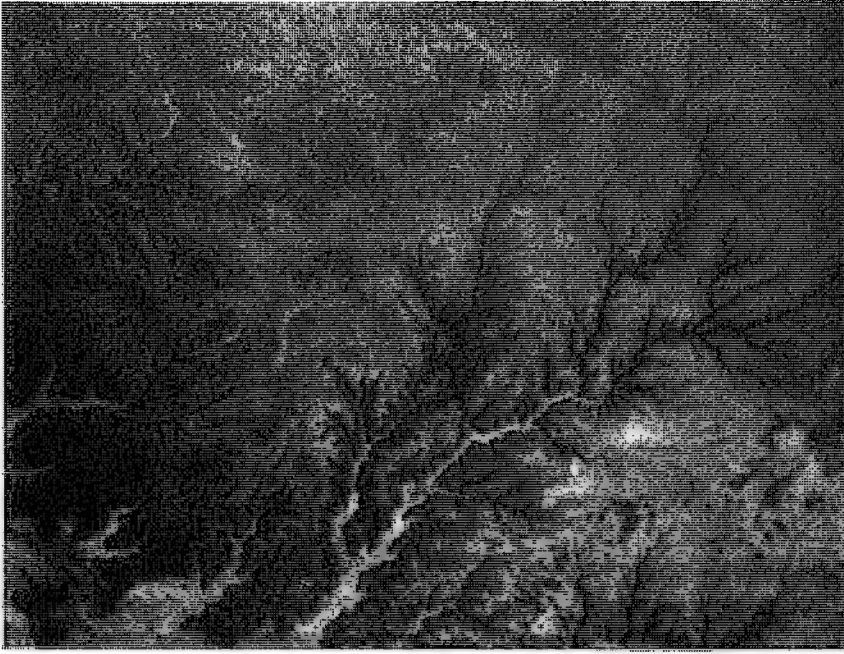
رابعاً : اشكال النحت بالهياه :

Dry Wadies - Dry Valleys

(١) الأودية الجافة

أحد الأشكال الجيومورفولوجية القديمة (الحفرية)، التي تكونت خلال ظروف مناخية مطيرة تختلف عن الجفاف الصحراوي الحالي، ويبدو المظهر المورفولوجي العام لبعض أجزائها كأنهار عاجزة أو ضامرة Misfit river غير متوافقة مع ظروف الجذب الصحراوي، إذ تغور مجاريها الخانقية بضع مئات من الأمتار، وتشبه مقاطعها العرضية شكل حرف V ، كما تتهدل جوانبها الوعرة بفضل الجداول والمسيلات الجبلية، فتصبح أشبه بأقاليم الأراضي الوعرة Badlands. على حين يقتصر الجريان بقنواتها حالياً على فترات مابعد السيل الصحراوي، فتتحرك المياه كفيضانات خاطفة Flash floods، ولكنها تكون قنطرة على دفع ركامات الجلاميد والحصى أمامها بضعة أمتار، قبل جفاف المياه وتسربها لباطن الأرض.

ويعكس المظهر المورفولوجي للواد الجاف الظروف المناخية القديمة المصاحبة لتشكيله، ويمكن من خلال دراسة هذه الأشكال الحفرية، إستقراء وتتبع مراحل تطوره الجيومورفولوجي منذ نشأته وحتى الوقت الراهن، والوقوف على مدى تعرضه لتتابع نوبات المطر والجفاف، وعلاقة هذه النوبات بتذبذب مستوى سطح البحر.



(صورة ٧٧) مرئية فضائية مأخوذة من إرتفاع منخفض توضح جزء من شبكة التصريف لوادى حضرموت
بشبه الجزيرة العربية
(After shelton, .s., 1966)



(صورة ٧٨) الجزء الأدنى من وادى طابا، لاحظ إختلاف التراكيب الجيولوجية على جانبيه، وغو بعض
أشجار السنط على قاعه.



(صورة ٧٩) صورة جوية لأحد الأودية الجافة بالجزائر

(مهداه من Prof. Dr. Chorley, R.)

(٢) الفيضان الغطائي

Sheetflood - Sheet Wash - Sheet Erosion

تعد التعرية الغطائية إحدى العمليات الرئيسية المساهمة في نحت سطح الأرض بالمناطق الجافة وشبه الجافة، بحيث تتجمع حبات المطر في مساحات كبيرة، وتتحرك المياه على السطوح الهينة الانحدار، ولكنها لا تسيل في قنوات مائية أو مجارى محصورة أو محددة بشكل واضح، إلا أنها تكون قادرة على القيام بعملية النحت الميكانيكى للمواد المجواه والتربة الهشة، ثم تقوم بنقلها نحو سفوح المنحدرات، وذلك كمرحلة سابقة لنحت المجارى المائية في الأجزاء الشديدة الانحدار.

وينبغى التفرقة بين دور مجموعة العمليات الجيومورفولوجية الآتية، على الرغم من إتفاقها جميعاً فى القيام بعملية النحت بالماء الجارى بالأقاليم شبه الجافة:

(٣) تعرية الرش

Splash Erosion

تأثير الفعل الميكانيكى لإصطدام قطرات ماء المطر Rain Drops بسطح الأرض، ويعظم تأثير السيول الصحراوية لكبر حجم قطرات المياه وخاصة عند سقوطها على الأسطح المفككة الهشة (جوده، ١٩٨٩)

(٤) تعرية الجداول

Rill Erosion - Rill Wash

تحرك المياه فى بعض القنوات المائية الدقيقة مكونة شبكة تصريفية واضحة المعالم على الأجزاء المضروسة من سطح الأرض.

(٥) المسيلات الجبلية

Gullies

تتكون المسيلات الجبلية حينما تزداد كمية المياه المتحركة وتلتقى أعداد كبيرة من الجداول المائية، ويشتد النحت والتعميق الرأسى للمجرى المائى بسبب شدة إنحدار السطح الذى تشقه.

وهناك مجموعة من العوامل يتوقف عليها المظهر الجيومورفولوجى العام لهذه الميسيلات، أهمها (جوده، ١٩٨٩):-

- ١ - كمية المياه المتدفقه ونظامها وطبيعة الحمولة المنقوله.
- ٢ - شدة إنحدار سطح الأرض ودرجة تقعره.
- ٣ - قابلية التسرب والنفاذية.
- ٤ - طبيعة الغطاء النباتى.

Georges

(٦) الخوانق «الأخاديد»

تنشأ الخوانق أو الأخاديد كأجزاء من مجارى الأودية الخانقية، ذات تكوينات جيولوجيه أكثر صلابه، ولذا يواجه الوادى صعوبة فى شق مجرى له خلالها، فتضيق قيعانها، وتبدو جوانبها شبه جرفية مرتفعة، وتشتد عندها سرعة جريان المياه، والتعميق الرأسى لقنواتها.



(صورة ٨٠) جدول جبلى بالجبل الأخضر - ليبيا.

(صورة ٨١) مرئية فضائية لمجموعة من المسيلات

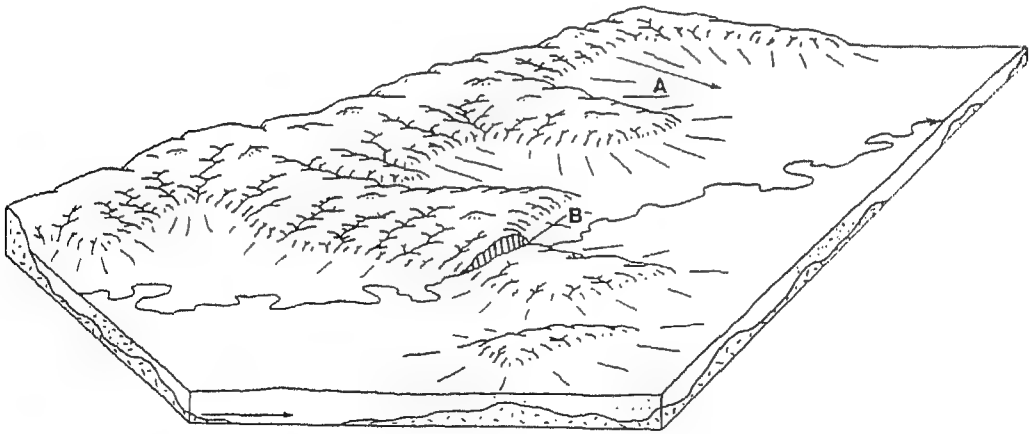
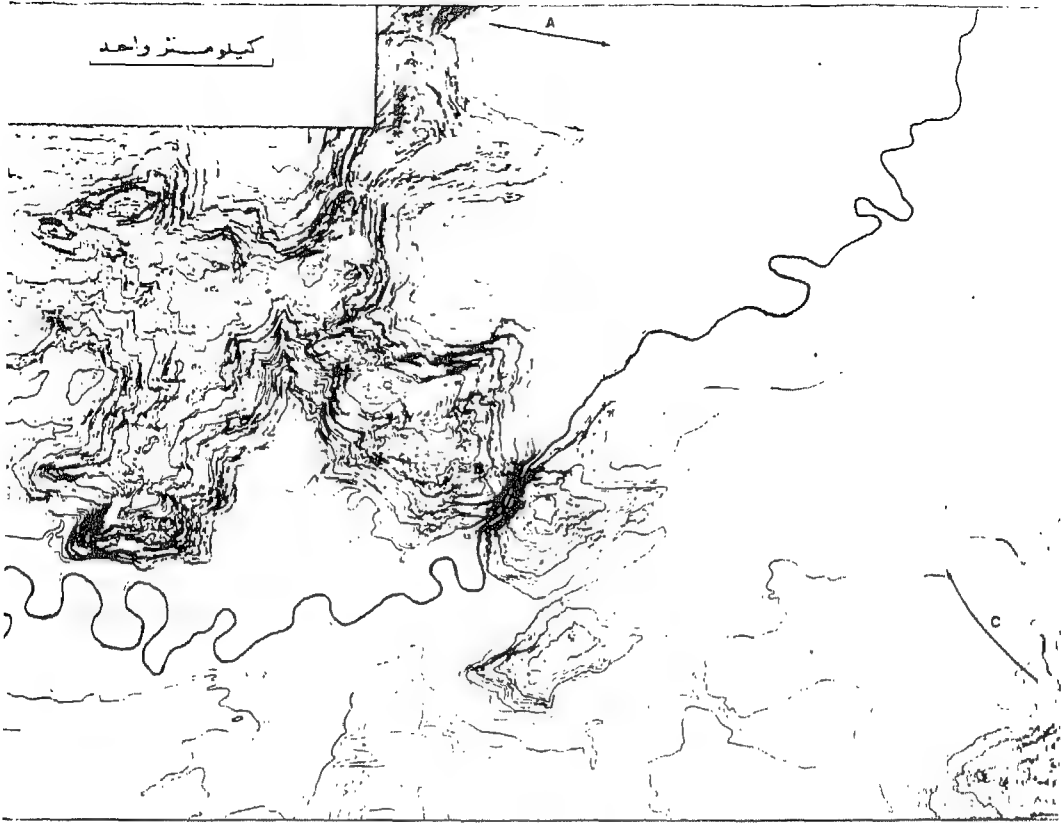
الجبالية تقطع كتلة Maloti وتقتل الروافد العليا لنهر

أورنج في ليسوتو بجنوب أفريقيا

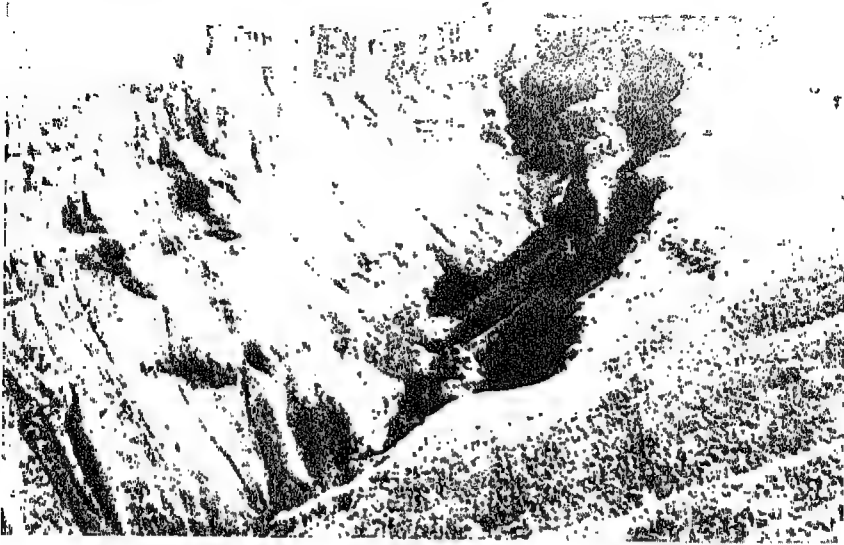
«لاندسات، ألوان غير حقيقية»

(After Francis, P. and Jones, p., 1985)





(شكل ٨٤) خريطة طبوغرافية ومجسم لخائق (يظهر عند النقطة B)



(صورة ٨٢) خانق بأحد المنابع العليا لواد جاف بجنوب أفريقيا.
(After Money, D., 1974)



(صورة ٨٣) أحد الجسور على خانق بواد جاف قرب مدينة قسطنطينة بالجزائر
(وزارة السياحة الجزائرية).

(٧) الأراضي الوعرة

BadLands-

أطلق مصطلح الأراضي الوعرة في الغرب الأمريكي لأول مرة، ويقصد به مناطق الأحواض الصحراوية الممزقة بشبكات التصريف المائي الكثيفة، حيث يصعب إختراقها، ومن هنا باتت تسميتها بالأراضي الوعرة.

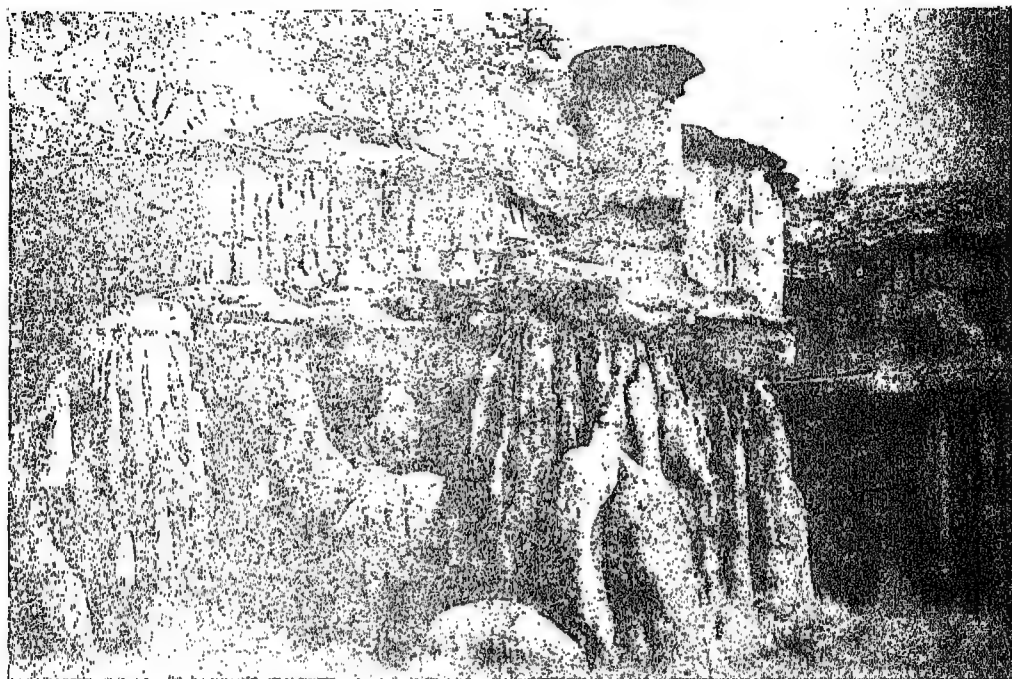
وتتميز الأراضي الوعرة بشدة تضرسها وكثافة تصريفها الخائفي، الذي يمزق تكويناتها الطينية الهشة، وتتوقف إستجابة السطح للتمزق على عدة عوامل أهمها:

- ١ - درجة صلابة الصخر ومدى مقاومته للنحت المائي مما يسهل من عملية تعميق المجارى المائية وتوسيعها.

- ٢ - مدى قابلية التكوينات الصخرية للتسرب والنفذية.

- ٣ - حجم الأمطار الساقطة على الإقليم.

- ٤ - إنعدام أو فقر الغطاء النباتي الذي يعمل على حماية المنطقة من التمزق بالنحت.



(صورة ٨٤) أراضي وعرة بولاية مونتانا الأمريكية
(U.S.Forest service)

اشكال الارساب

أولاً: ارساب المواد تحت أقدام المنحدرات.

ثانياً: الارساب الحوضى (بالمياه) .

ثالثاً: الارساب الهوائى (بالرياح) .

أشكال الأرساب

أولاً: أرساب المواد تحت أقدام المنحدرات^(١)

يتوقف تحديد أشكال الأرساب عند حضيض المرتفعات على مجموعة من العوامل، يرتبط بعضها بخصائص المنحدر، ويختص البعض الآخر بطبيعة المادة المتحركة، وتتشرك هذه المجموعة من العوامل في تحديد نوع وسرعة انسياب الفتات الصخري فوق هذه المنحدرات، وتشكيل المظهر النهائي لهذه المواد بعد استقرارها عند الحضيض، وهذه العوامل هي:-

(أ) العوامل المتعلقة بخصائص المنحدر:

- ١ - نوع التركيب الصخري وتناوبه على أجزاء الحافة.
- ٢ - البنية الجيولوجية للحافة من حيث ميل الطبقات ودرجة النفاذية والمسامية ومدى تأثرها بالشقوق والفواصل.
- ٣ - خشونة المنحدر وتضرسه.

(١) راجع أشكال النحت بتأثير حركة المواد على سفوح المنحدرات.

- ٤ - درجة انحدار سطح المنحدر ومدى تقوسه وطبيعة هذا التقوس محدب أم مقعر.
 - ٥ - معدل تقطع الحافة بالمسيلات الجبلية، ودرجة التعميق الرأسى لهذه المسيلات
 - ٦ - طبيعة الغطاء النباتى على سفوح المنحدرات.
 - ٧ - الدرجة المقطوعة من مراحل تطور الحافة وتراجعها أمام عوامل التعرية.
- (ب) العوامل المختصة بطبيعة المادة المتحركة:

- ١ - التركيب الصخرى للمادة المتحركة.
 - ٢ - حجم وكتلة الفتات الصخرى ومدى تجانسه.
 - ٣ - درجة استدارة الكتل الصخرية المتحركة.
 - ٤ - مدى تشبع المواد بالمياه.
 - ٥ - المعدل الزمنى لإنسياب المواد.
- وفيما يلى عرض موجز لأهم الأشكال الإرسائية عند حضيض المرتفعات:

(١) مخروط الهشيم^(١) Cliff Debris - Scree - Talus Cone - Talus Creep

يطلق مصطلح مخروط الهشيم «التيلاس» الفرنسى الأصل على الحطام الصخرى المتجمع ككومات متراكمة تحت أقدام الحافات الصخرية الشديدة الإنحدار، تحت ظروف المناخ الصحراوى الجاف، والمعتدل البارد، وأيضاً المناطق القطبية. ولكن تباين أشكال هذه المخروطات وأحجامها تبعاً لمدى تأثير الحافات بعوامل التعرية، وإختلاف معدل تراجعها، وعامل التعرية السائد، إلى جانب طبيعة وحجم المواد التى تتألف منها هذه الكومات الهرمية الشكل.

وتصنف المواد المكونة للمخروط الرسوبى حسب أحجامها، فنجد أن معظم الجلاميد والكتل الصخرية الكبيرة الحجم تنحدر بسرعة نحو أقدام الحافات، وتعلوها الكتل المتوسطة والحصى والحصباء، أما الرواسب الرملية والأتربة الدقيقة فتغطى

(١) راجع أنماط تراكم الحطام الصخرى بالفصل الثالث (إنزلاق الصخور).

أعلى المخروط، وعند سقوط الأمطار تتحول هذه الأتربة إلى مادة لاصقة تعمل على حماية جسم المخروط الرسوبي.

Alluvial Fans

(٢) المراوح الفيضية (الدالات المروحية)

أشكال رسوبية مروحية الشكل تتميز بضعف انحدارها وتقوس سطوحها، ترسم انصاف دوائر تحيط بمخارج المجارى الخانقية الجبلية، حيثما تنخفض سرعة المياه فجائياً، فنهار قدرة السيل على الحمل، فيتخلص من حمولته، ويفترشها على سطوح قواعد المرتفعات.

وأهم ما يميز الدالات المروحية أن رواسبها تصنف تبعاً للمسافة بين قواعد الجبال والأحواض المحيطة بها، فتتألف رؤوس الدالات من الجلاميد الصخرية الضخمة، التي تلقى بها السيول المتتالية عند نطاق التغير في درجة الانحدار، بينما يتشكل محيط هذه المراوح من الرمل والغرين والطين، أما فيما بين الرؤوس والمحيط أو القواعد تتوزع الرواسب الحصوية تبعاً لحجومها، فيتراكم أحسنها عند الرؤوس ويتجه أدقها نحو الحضيض.

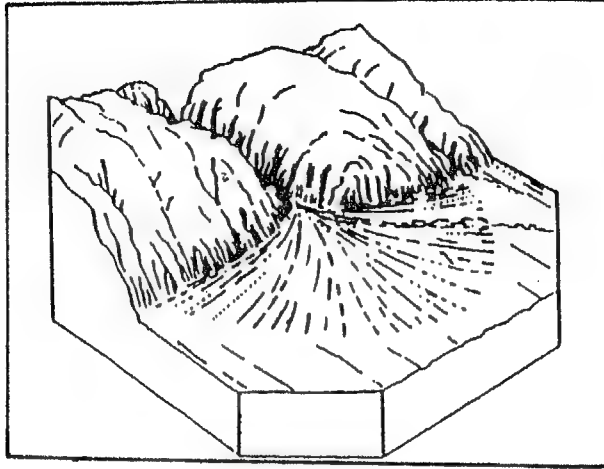
وتتقطع أسطح الدالات بشبكات موسمية من المجارى السيلية، تتباين أشكالها عقب كل سيل، وحينما تنمو المراوح الفيضية تتقارب مع بعضها حتى تلتحم مكونة نطاقاً رسوبياً متصلاً عند حضيض المرتفعات يطلق عليه اسم الباجادا.



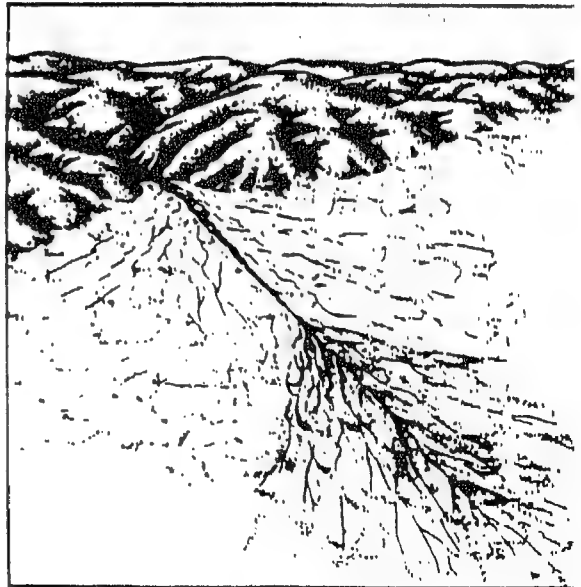
(صورة ٨٥) مخروط هشيم غرب ديربي تشير - بريطانيا
(After Money, D., 1974)



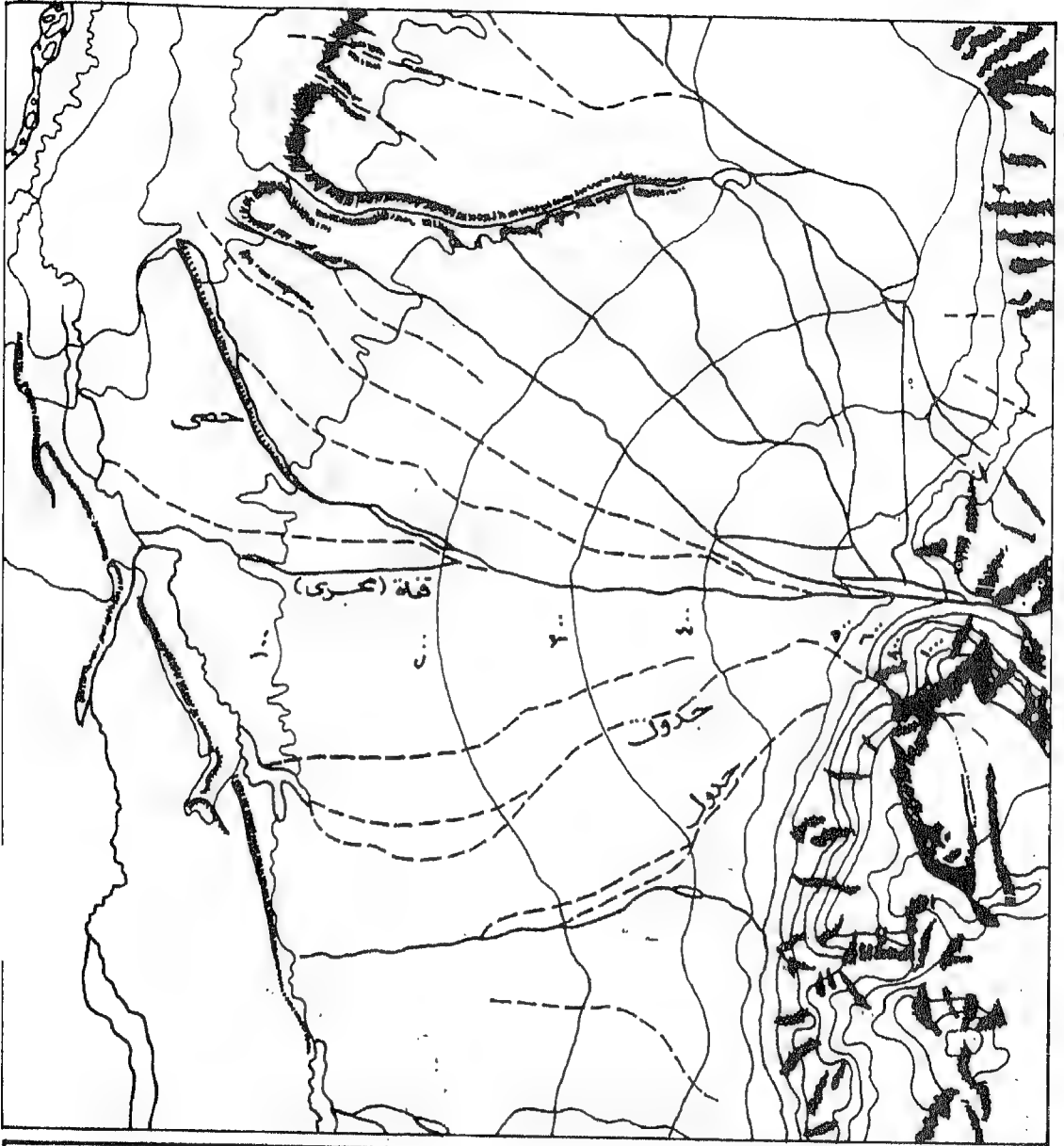
(صورة ٨٦) مخروط هشيم مكون من حصوات حادة الزوايا من الكوارتزيت في Wyoming بالولايات
المتحدة الأمريكية
(After strahler, A.N., 1968)



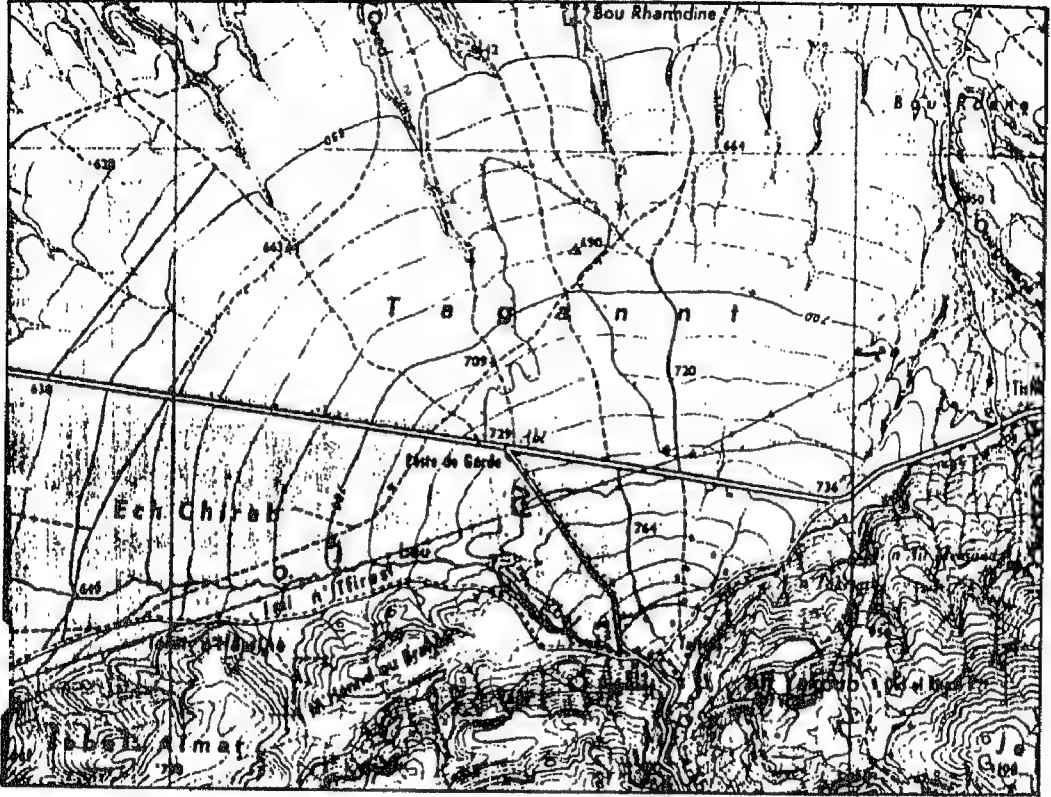
(شكل ٨٥) مجسم لمروحة فيضية



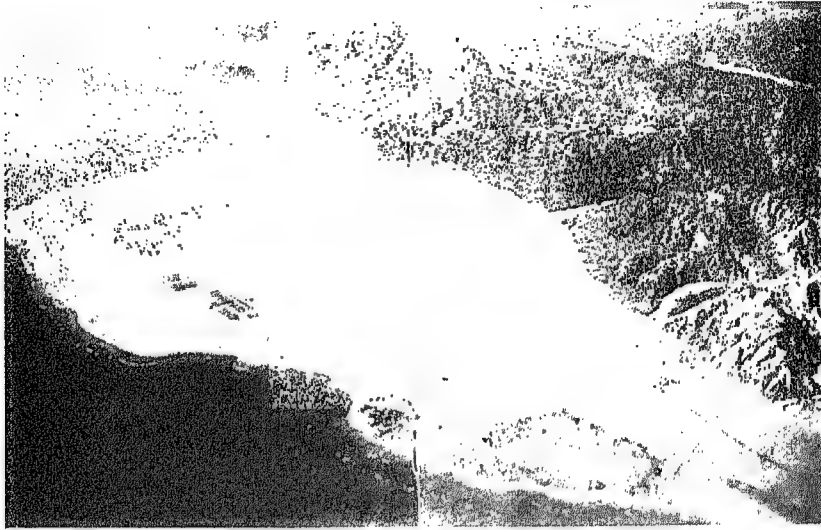
(شكل ٨٦) تطورونمو المراوح الفيضية نتيجة تتابع السيول الصحراوية



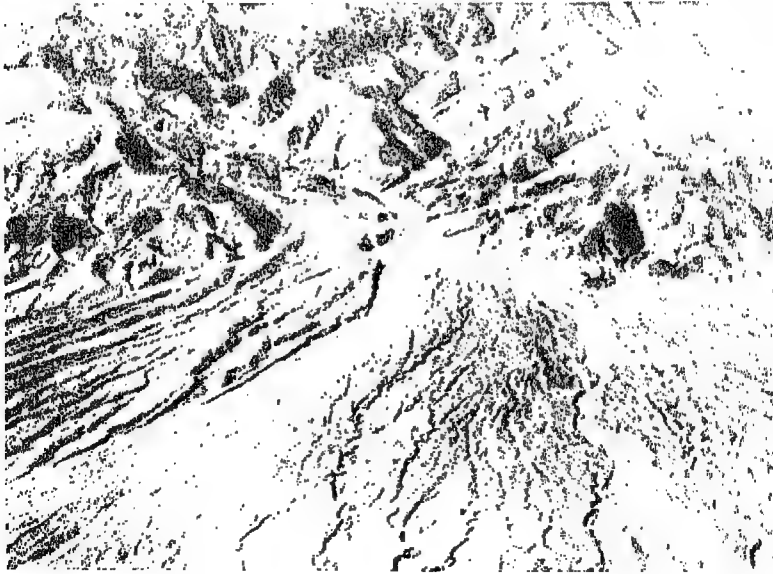
(شكل ٨٧) مورفولوجية إحدى المراحل الفيضية



(شكل ٨٨) خريطة كنتورية لمروحة فيضية لمصب وادي تاقانت بالمغرب.



(صورة ٨٧) مروحة فيضية دلتاوية بالقرب من ميناء العقبة الأردني، لاحظ تقدم المروحة واقتطاع أجزاء من البحر الأحمر يتوالى تراكم الرواسب الفيضية على قاعه.
(After Shelton, I.S., 1966)



(صورة ٨٨) مروحة فيضية في وادي ديث - كاليفورنيا Death Valley
(Science Air Photoes)

(٣) الباجادا-الباهادا

Bajada - Bahada

الباجادا مصطلح اسباني الأصل، انتشر فيما بعد وحُرف إلى بهادا. بالمناطق شبه الجافة جنوب غرب الولايات المتحدة، وهو يعنى القسم السفلى الرسوبى من المنحدرات الجبلية الصحراوية ، ويتميز بإنحداره البسيط الذى لا يتعدى السبع درجات، بينما يتراوح انحدار الواجهة الجبلية التى تعلوه بين ١٥ درجة والزواوية القائمة.

وتتشكل الباجادا من مجموعة متلاصقة من الارسابات المروحية التى تغذيها المسيلات المقطعة للواجهة الجبلية، وباصطدام مياه هذه المسيلات بسطح الأرض المنبسط عند اقدام الجبال تقل سرعة الجريان فتفترش حملتها مروحياً. وتحتوى ارسابات الباجادا على الرواسب المائية من حصى وغرين مختلطة مع بعض الجلاميد المنظرة التى نقلتها السيول الطينية، وعموماً فإن رواسب الباجادا تكون مشتقة من المناطق الجبلية المتاخمة لها، ويدق حجمها بالاتجاه لأسفل^(١)

(١) راجع علاقة الباجادا بمنحدر البيدمونت، بالفصل الثانى، وعلاقته بالبلايا على الصفحات التالية من هذا الفصل.

ثانياً : أشكال الإرساب الحوضي

تعريف

تضم أشكال الإرساب الحوضي مجموعة الظاهرات الجيومورفولوجية المتشكلة نتيجة الإرساب بفعل المياه فى الأجزاء الحوضية المقعرة من سطح الأرض بالأقاليم الجافة وشبه الجافة.

العوامل المؤثرة فى تحديد أشكال الإرساب الحوضي:

- ١ - صلابة الصخر وخصائصه البنيوية.
- ٢ - درجة انحدار سطح الأرض.
- ٣ - حجم المياه الساقطة على الإقليم.
- ٤ - كثافة الغطاء النباتي.
- ٥ - طبيعة المواد المنقولة على سفوح المنحدرات بالمنطقة.
- ٦ - مستوى الماء الباطني ومدى تذبذبه موسمياً.

Playas

(١) البلايا (البحيرات السبخية)

مصطلح اسباني يطلق فى امريكا على مناطق حوضية مستوية الأسطح، تشكل أخفض بقاع هذه الأحواض، تمتلئ جزئياً بالرواسب التى تجلبها الأودية من المرتفعات المجاورة، وقد تكون مسطحات مائية فصلية أو دائمة، وعلى ذلك يمكن تصنيف البلايا إلى عدة مجموعات تبعاً لإختلاف مائيتها هي:-

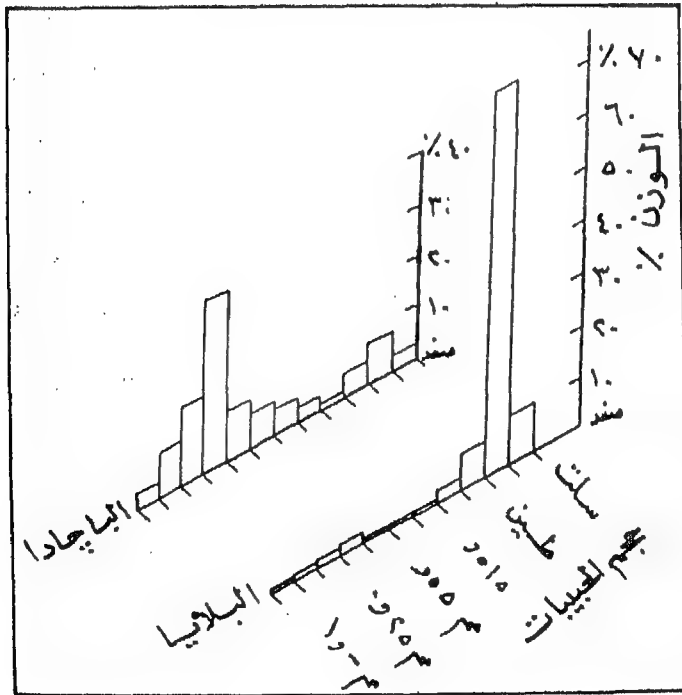
- ١ - بلايا جافة Dry Playa.
- ٢ - بلايا رطبة Moist Playa.
- ٣ - بلايا موسمية Seasonal Playa.

كما تصنف البلايا حسب نوع الارسابات المتراكمة على قيعانها مثل البلايا الجيرية Lime Playa ، والبلايا الملحية المتبلرة Crystal Body Playa ، والبلايا الطينية Mud Playa.

ويمثل البلايا السطح السهل المنخفض عند أطراف منحدرات البيدمونت، حيثما

يستمر سطح الأرض فى صعوده التدريجى بمعدل اقصاه سبع درجات، وعند الطرف العلوى لمنحدر البيدمونت يتغير الانحدار فجائياً إلى مواجهة الحائط الجبلى. ولذا تستدق ارسابات البلايا البحرية قياساً بمكونات الباجادا الخشنة المتراكمة عند حضيض المرتفعات.

وقد ترتبط بعض البحيرات السبخية بالمناطق ذات النشاط التكتونى، حينما تتواجد المواضع الحوضية بما يسمح بتسرب المياه سطحياً، مثل البحيرات المنتشرة فى صحارى اتكاما وموجاف ووداى ديث بكاليفورنيا. كما ترصع بحيرات البلايا أرضية منخفضة سيوه والداخلية والخارجة والقطارة بالصحراء الغربية المصرية (جوده، ١٩٩٠).



(شكل ٨٩) مقارنة بين حجم حبيبات الرواسب فى البلايا والباجادا (بصحراء موجاف - كاليفورنيا)

Sabkha - Sebkha

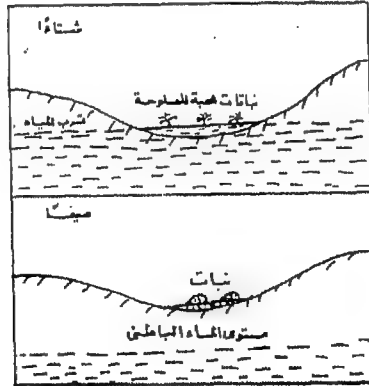
(٢) السبخة

السبخة مصطلح عربى الأصل يشير إلى منخفضات صحراوية مسطحة تتأثر بذبذبة مستوى الماء الباطنى، فتمتلئ بالمياه حينما يرتفع هذا المستوى حاملاً معه بعض الأملاح الذائبة، لتترسب على السطح خلال فصل الجفاف مشكله قشرة ملحية صلدة. وتتكون معظم مواد السباخ من الإرسابات الطينية المشبعة بالأملاح، ولذا يطلق عليها أحيانا المسطح القلوى Alkali flat.

وتنمو بالسباخ مجموعات من النباتات المحبة للملوحة، تعمل كمصايد للرمال وقت الجفاف، فتتراكم عليها مكونة كومات محدودة الإرتفاع (النباك - النبكات Mounds). وهناك العديد من الدراسات التى أجريت على الأشكال الجيومورفولوجية المرتبطة بالسباخ، ولعل أبرزها الدراسة التى قدمت عن سباخ شبه جزيرة قطر (محمود عاشور وآخرون، ١٩٩١).

وقد تتأثر السباخ الساحلية بتيارات المد فترفع من منسوب مياهها، كما تسهم بعض المجارى المائية الجوفية فى تغذية السباخ بالمياه تحت السطح، مثل الشطوط Shotts المنتشرة على سواحل تونس والجزائر، حيث تغذيها بعض المجارى الجوفية المقطعة لجبال أطلس بالمياه.

وبذلك تتميز مسطحات البلايا عن السبخات فى انسياب المياه إليها سطحياً بما تحمله من رواسب، على حين ترتبط السباخ بمستوى الماء الباطنى على اختلاف مصادره.



(شكل ٩٠) تأثير السبخات بذبذب مستوى الماء الباطنى

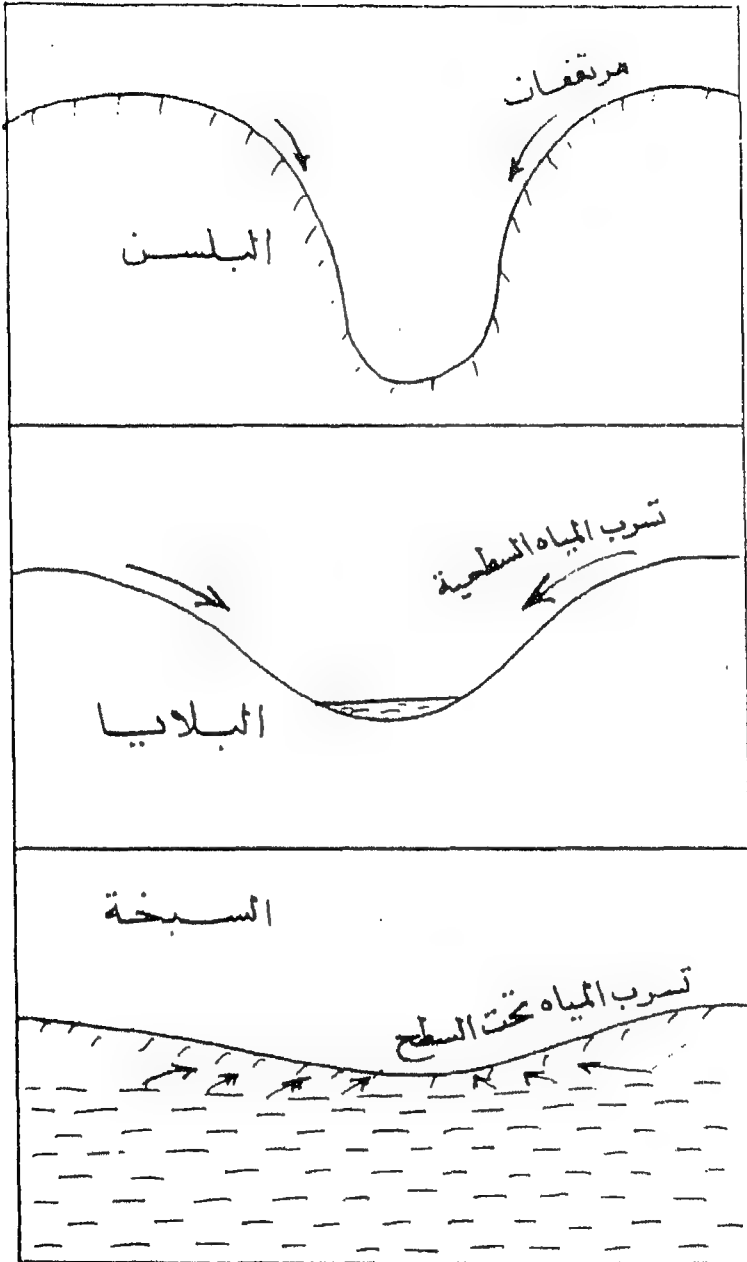
Bolson**(٣) الحوض الجبلي «البلسن»**

الحوض الجبلي أو «البلسن Bolson» مصطلح إسباني انتشر على نطاق واسع بجنوب غرب الولايات المتحدة وشمال المكسيك، وكذلك بحوض تاريم ومنغوليا ووادي الأردن.

ويتشكل البلسن كنطاق حوضي تطوقه حوائط جبلية عالية، مقطعة بالأودية الجافة، التي تصب مياهها بالمنخفض. ويتوسط الحوض الجبلي عادة بحيرة، أو ملاحه، أو سبخة يتوقف نموها على العلاقة بين معدل البخر بالإقليم وحجم التصريف الوارد للحوض. وهي بذلك تعد كمستويات قاعدة مؤقتة ليست لها علاقة بمستوى القاعدة العام، فقد تكون فوقه بكثير، أو دونه بكثير، وينتهي مصير هذه الأحواض بالإمتلاء برواسب الوديان نتيجة ارتفاع قاعها المستمر.

Fossiliferous Lacustrine Deposits**(٤) الرواسب البحرية الحفرية**

قد تنكشف بعض البحيرات القديمة التي تشكلت خلال ظروف مناخية سابقة، ويستدل على نشأتها بدراسة بقايا رواسبها، والوقوف على خصائص بيئتها الترسيبية. فحينما يتحول المناخ للجفاف تظهر بقايا الرواسب البحرية كتلال تبرز بضع عشرات أو مئات الأمتار فوق المستوى العام لسطح الحوض، وتصبح بذلك عرضة لعوامل التعرية الحديثة لتمزقها من جديد. ولعل بقايا الرواسب المنتشرة بوادي فيران بجنوب شرق سيناء خير شاهد على ذلك. وتشغل أيضاً الرواسب الطينية الرملية القديمة قاع حوض سولتون بجنوب شرق كاليفورنيا، وتظهر كتلال فوق السطح وتعرضت للتآكل السريع وتشكلت بها أعداد كبيرة من القنوات المتعمقة في تكويناتها الهشة.



(شكل ٩١) البلسن والبلايا والسيخة



(صورة ٨٩) نطاق من الهجاءا غرب الولايات المتحدة الأمريكية، لاحظ تجمع المياه المحملة بالرواسب في
البلايا بمنتصف الصورة.
(After Shelton, I.S, 1966)



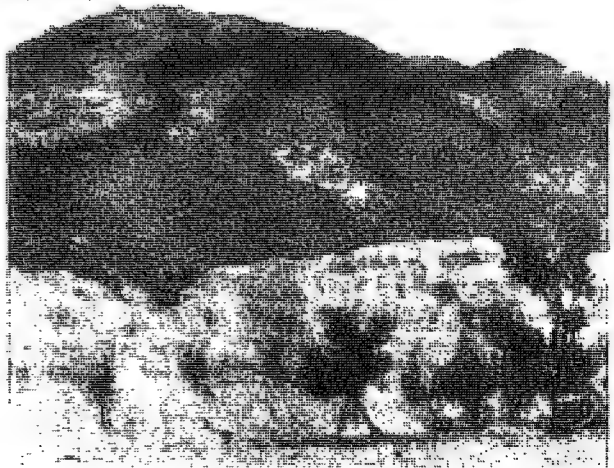
(صورة ٩٠) بلايا رسوية بوادي ديث - كاليفورنيا
(U.S. Forest Service)

(صورة ٩١) حوض جبلى تطوقه الحوائط العالية
وتنتشر على قاعه الإرسابات، لاحظ المخروطات
البركانية الحامدة فى قاع الحوض.
(After pesce, A, 1968)



(صورة ٩٢) تشققات القشرة
الطينية المتكونة على سطح السبخة
بعد جفافها، خليج سرت - ليبيا .

(صورة ٩٣) رواسب بحيرية حجرية
بالجزء الأوسط من وادى فيران
جنوب سيناء.



ثالثاً : الأرساب (الهوائى) بالرياح

إن الإرساب الهوائى ليس قاصراً على المناطق الصحراوية، فهناك إرسابات رملية فى مناطق غير صحراوية مثل شواطئ البحار والمحيطات، وعلى ضفاف الأنهار فى العروض شبه الصحراوية، وفى الأجزاء ذات الأحجار الرملية المتأثرة بعمليات التفكك الصخرى، وغيرها..

وتحدث عملية الترسيب الهوائى نتيجة حركة الرمال والأتربة والغبار مع الطبقة السطحية من تيارات الهواء الملاصقة لسطح الأرض، وميز Bagnold 1941 ثلاث وسائل تتم بها حركة الحبيبات الرملية هي:-

«أ» التعلق Suspension

تتحرك بهذه الطريقة الحبيبات الدقيقة التى تقل أقطارها عن ٠,٢ مم، وتظل الحبيبات عالقة مع التيارات الهوائية السطحية لمسافات بعيدة قبل إلقاءها على سطح الأرض، عند سكون الرياح أو اصطدمها بأى عائق، ولا تسهم هذه الطريقة إلا بقدر يسير من حجم الترسيبات الهوائية.

«ب» القفز Saltation

تدين معظم الحبيبات الرملية التى تزيد أقطارها عن ٠,٢ مم إلى الحركة بالقفز مع الهواء، وذلك لأن التيارات الهوائية السطحية لا تكون منتظمة الانسياب، وتندفع عادة كهبات صاعدة سرعان ما تهدأ مرة أخرى، ومع كل دفعة هوائية تحمل معها ذرات الرمال قافزة لأعلى فتتحرك قدماً لمسافات تتناسب مع سرعة الرياح وأحجام الحبيبات المنقولة، ولذا تتخذ كل حبة مساراً مقوساً فى الهواء شبه اهليلجى، وحينما تصطدم هذه الحبيبات بسطح الأرض، قد يتحرك بعضها لأعلى مرة أخرى، ليكرر حركته المتقدمة من جديد، والبعض الآخر يستقر مؤقتاً فى موضع سقوطه تبعاً لقوة الدفع الهوائى للحبة القافزة.

Surface Creep**«ج» الزحف السطحي**

قد تكون شدة التيارات الهوائية غير قادرة على دفع بعض الحبيبات الرملية الكبيرة بالقفز لأعلى، فتبدأ بالزحف على السطح، وتتقدم في حركة بطيئة متقطعة في الاتجاه العام للرمال القافزة مع الريح.

وينتهى مصير الحبيبات الرملية المتحركة بأى صورة من صور الحركة السابقة إلى الإستقرار على سطح الأرض متخذاً أحد الأشكال الثلاثة الآتية:

Sedimentation**«أ» الترسيب**

تحدث عملية الترسيب فى حالة ضعف طاقة التيار الهوائى، أو حينما تزيد الحمولة المنقولة بالنسبة لشدة الرياح الناقلة لها، عندئذ لاتجد بعض الحبيبات أو كلها القوة الدافعة لاستكمال رحلتها، فسرعان ما تهدأ أو تستقر على السطح.

Accretion**«ب» حشو الفراغات**

أحياناً تجد بعض الحبيبات القافزة أو الزاحفة بعض الثقوب أو الفجوات الملائمة لإستقرارها على السطح، فتعمل على حشوها والإستقرار بداخلها.

Stoppage and Encroachment**«ج» التوقف والتكدس**

تحدث هذه العملية إذا ما اعترضت مسار الرياح عقبة، فتتوقف حركة الرمال الزاحفة بوجه خاص، ولكن قد تتمكن بعض الرمال القافزة فى الهواء من مواصلة رحلتها. وهناك عدة أنماط لهذه العقبات منها العقبات الطبوغرافية الموجبة كالحافات والتلال والروابي، وأيضا الشجيرات، أو الأعمدة والأسوار وغيرها من أوجه التدخل البشرى. وأحيانا ما تكون العقبة الطبوغرافية سالبة مثل التغير الفجائى فى درجات الانحدار عند المقعرات الأرضية، وأيضا المنخفضات والحفر والتوءات. وكثيراً ماتعمل الرطوبة الأرضية كعقبة تعوق حركة الرمال، حيث تساعد على تماسك الرمال فتشل حركتها وتمنع تقدمها.

أشكال الأرساب الهوائية

Eolian Deposition Features

تعد أشكال الإرساب الناجمة عن فعل الرياح بالصحارى أكثر شيوعاً من أشكال النحت، ويمكن تقسيم هذه الأشكال إلى نمطين هما: التجمعات الرملية (الإرساب الرملية) Sand Accumulation وإرسابات اللوس Losses Deposition التي حدثت خلال عصر البلايستوسين، ولكن يرتبط النمط الأول بالأقاليم الجافة من سطح الأرض.

Sand Accumulation

التجمعات الرملية (الإرساب الرملية)

هناك العديد من الأشكال الجيومورفولوجية التي تنشأ عن الإرساب الهوائية للرمال، فهناك التجمعات الرملية المقيدة، أى التي ترتبط فى تكوينها وتدين إلى وجود عوائق طبيعية كالنباتات، وهناك التجمعات الرملية الحرة أى غير المقيدة. ولكن لازالت ميكانيكية هذه الأشكال غير واضحة حتى الآن، وعلى الرغم من هذا التحفظ يمكن تمييز أهم هذه الأشكال فى مجموعتين هما:

(أ) مجموعة الأشكال الرملية الدقيقة

تشتمل هذه المجموعة على بعض الأشكال الرملية الصغيرة الحجم وأهمها:

نيم الرمال - علامات النيم - نيم الرياح Ripples:

يرتبط تشكيل نيم الرمال (النيم) ارتباطاً وثيقاً بعملية التذرية، فإذا تحركت حبات الرمل القافزة على سطح رملي عديم الانتظام، أى مموج التضاريس فإن السفوح المواجهة للرياح ستضطدم بها هذه الحبات أكثر من السفوح الواقعة فى ظل الرياح، وكذلك فعملية الزحف على السطح المواجه للرياح، ستكون أشد من السطح المضاد، ونتيجة لتوالى وتكرار هذه العملية مع كل لفحة هوائية، يزداد تضرس التموجات الرملية، ولكن فى نفس الوقت كلما ارتفعت قمم النيم فإنها تتداخل بإطراد، حيث تسفى حبات الرمل من القمم وترسب فى الأحواض، ولذا نجد أن الارتفاع الأقصى الذى يبلغه النيم يكون محدود.

(ب) مجموعة الأشكال الرملية الكبرى

تشتمل هذه المجموعة على الأشكال الجيومورفولوجية الكبيرة الحجم وأهمها:

«١» التجمعات الرملية حول العقبات (الجيوب الرملية)

Sand Shadows

(أ) ظلال الرمال

عند وجود أى عقبة موجبة فى مهب الريح المحملة بالرمال كجلمود مثلاً، تتراكم الرمال عند قاعدة العقبة المواجهة للرياح، وتتساقط بعض الذرات الدقيقة العالقة بالهواء على الجانب المحمى خلف العقبة، ومع استمرار تراكم الرمال تغطى معظم أجزاء العقبة فتنهال الرمال على الجانبين معاً، ويتوقف نمو كومة الرمل عند هذا الحد، ويطلق عليها فى هذه الحالة اسم ظل الرمل Sand Shadow، أما إذا كان العائق عبارة عن شجيرة، فيطلق على الكومات الرملية المتراكمة حولها اسم النبك أو النبكات Mounds وخاصة بالمسطحات السبخية الملحية.

Sand Drifts

(ب) الأشرطة الرملية

حينما تهب الرياح فوق اسطح الهضاب المستوية فى اتجاه حوافها، فإنها كثيراً ما تلقى بحمولتها عند قواعد هذه الحافات المحمية من تأثير الريح على شكل كومات طولية موازية لامتدادها، وإذا كانت الحافة مقطعة بالمسيلات الجبلية، نجد أن الرمال تتكاثف وتغطى مداخل هذه المسيلات الخانقية.



(شكل ٩٢) تراكم الرمال عند قاعدة عائق صحراوي

Sand Dunes

(٢) الكثبان الرملية

يعرف الكثيب على أنه كومة من الرمال المتحركة لاتدين في نشأتها وتشكيلها إلى أى عائق ثابت أمام الرياح، سواء كان هذا العائق طبيعياً أو بشرياً، وعادة ما تتكون فوق السطوح المستوية.

ويطلق على تجمعات الكثبان الرملية العديد من المسميات مثل المستعمرات الكثيبية Dune Colonies أو السلاسل الكثيبية Dune Chains، أو الكثبان المركبة أو التجمعات الكثيبية Dune Complexes.

تعد الكثبان الرملية أهم الظواهرات الناجمة عن الإرساب الهوائي، وهى تتخذ العديد من الأشكال الجيومورفولوجية التى يمكن تصنيفها تبعاً لعدد من العوامل هى:-

١ - اتجاه الرياح السائدة.

٢ - حجم الكثيب.

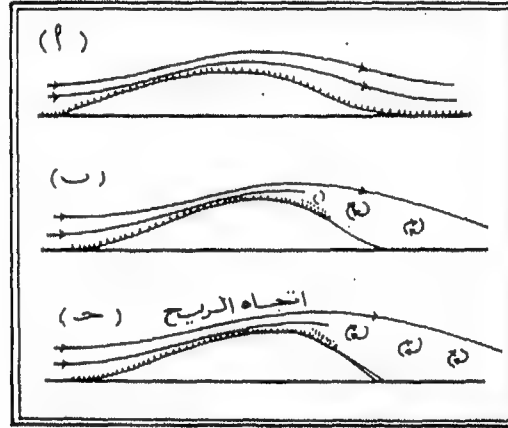
٣ - شكل ترسيب الكثيب ومدى تعقده.

٤ - بيئة ترسيب الكثيب.

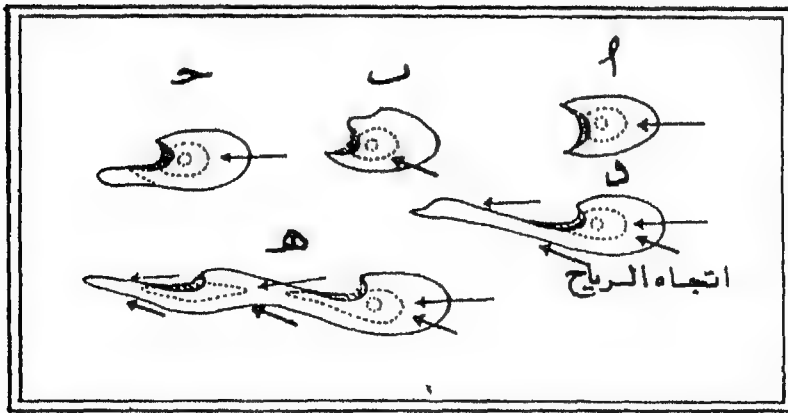
٥ - أسلوب نشأة الكثيب.

٦ - درجة تطور ونمو الكثيب.

وتعتبر الكثبان الرملية من أغرب مظاهر الأشكال الأرضية، بسبب ما يحيط بظروف النشأة وعوامل التشكيل من غموض، فهذه الكثبان تشبه الكائنات الحية، فهي تولد وتنمو وتتحرك وتتوالد وتهرم وتموت لتدفن، كما أنها تتخذ العديد من الأشكال، وفيما يلي عرض لأهم مظاهرها:



(شكل ٩٣) تحول الكومات العفوية إلى كثبان هلالية (عن البحيري، ١٩٧٩)



(شكل ٩٤) تحول الكثبان الهلالية إلى غرود

Barchan

(أ) الكثيب الهلالي «البرخان»

مصطلح برخان Barchan تركستاني الأصل، وهو عبارة عن كثيب قوسى الشكل، يتميز بوجود طرفين يمتدان إلى الجهة التى تندفع نحوها الرياح. ويظهر جانب البرخان المواجه للرياح محدباً طويلاً هين الانحدار (٦-١٧ درجة)، ويطلق عليه تعبير ظهر الكثيب، أما جانبه الآخر فيبدو مقعراً شديداً الانحدار (٣٣-٣٥ درجة) ويسمى بواجهة الكثيب.

وينبغى توافر ثلاثة شروط لتشكيل الكثبان الهلالية هي:-

- ١ - انتظام هبوب الرياح من اتجاه ثابت معظم الفترات.
- ٢ - تنقل الرياح فى حركتها حمولة متوسطة من الرمل، أى ليست كميات ضخمة أو شحيحة.
- ٣ - تراكم الرمال على سطح مستو تفرشه الحصرات ويخلو من الغطاء النباتى. وإذا لم يتوافر للكثيب الشروط الثلاثة السابقة، تحول عنه إلى أى نمط آخر من الكثبان.

وتنشأ الكثبان الهلالية بتحول كومات الرمال العفوية تدريجياً إلى كثبان متحركة مع الريح، لأن الجوانب المواجهة للرياح تتعرض لإزالة الرمال عند قواعدها وتراكمها عند القمم، فتتحول الأكوام إلى تلال غير منتظمة الانحدار على جانبيها، وتصبح الجوانب المواجهة للريح هيئة الانحدار والأخرى شديدة الانحدار، بسبب انهيار الرمل على سفوحها، فيزحف الكثيب ببطء للأمام. ولكن يتفاوت معدل تحرك أجزاء الكثيب، فالأطراف تتقدم على كلا على الجانبين أكثر من وسطه، بسبب تزايد سرعة الرياح عند الطرفين، ولذا تنعطف هذه الأطراف وتمتد على شكل قرنين Horns، ويصبحان فى مأمن من الرياح الشديدة.

Longitudinal Dunes

(ب) الكثبان الطولية «السيوف - الغرود»

تنشأ الكثبان الطولية أو السيوف بصورة موازية لاتجاه الرياح السائدة، وتبدأ هذه الكثبان دورة حياتها بكثبان هلالية فى بادئ الأمر، ثم تتحول إلى سيوف،

حينما تتعرض إلى رياح جانبية تتقاطع مع الإتجاه العام للرياح الدائمة. وعندئذ يستطيل أحد قرنى البرخان أكثر من الآخر، وإذا ما تكرر هبوب الرياح الجانبية لفترات زمنية طويلة، يستمر هذا الجانب فى النمو الإستطالة، ويتحول إلى كثيب ممتد طولياً، وهو يتألف فى حقيقة الأمر من مجموعة قمم هلالية الأصل، متفقة فى إتجاهها العام الموازى لإتجاه الرياح الدائمة.

ويصل طول بعض السيوف أو الغرود فى صحارينا المصرية لنحو ٣٥٠ كم، وأشهرها غرد أبى الحاريق بالصحراء الغربية، الذى يتحرك بمعدل عشرة أمتار سنوياً، ويتوقف شكل وحجم السيوف على عدد من العوامل أهمها:

- ١- اختلاف طبيعة المواد التى تشكل منها.
- ٢- إتجاه الرياح السائدة.
- ٣- الفترة الزمنية التى تكون خلالها السيوف.
- ٤- خصائص شكل سطح الأرض الذى تكون عليه السيوف.

Sand Ridges-Transverse Dunes

(ج) الحواجز الرملية العرضية

الحواجز الرملية فى وضع عمودى على اتجاه الريح، وتشكل حينما يحتوى الرمل المنقول على حبات خشنة وأخرى ناعمة، حيث يؤدى تراكم الحبات الخشنة فوق قمم الحواجز إلى فشل الرياح فى نقلها مرة أخرى، وتسهم بالتالى فى زيادة إرتفاعه. وينحدر الكثيب العرضى إنحداراً هيناً فى جانبه المواجه للرياح، وينحدر الجانب المظاهر لها إنحداراً شديداً قد يصل إلى حوالى الخمس وثلاثون درجة، متفقاً فى هذا مع البرخانات.

Whalebacks -Sandleeves

(د) أظهر الحيتان - الجسور الرملية

عبارة عن سلاسل أو جسور رملية هائلة الحجم، تشبه السيوف فى إمتدادها الموازى لاتجاه الرياح، إلا أنها تختلف عنها فى بعض خصائصها مثل:-

- ١ - تبدو أظهر الحيتان مسطحة القمة بعكس السيوف الحادة المسننة.
- ٢ - تتميز جوانب أظهر الحيتان ببطء الانحدار، بينما يشتد انحدار أحد وجهى

- ٣ - ظهر الحوت أكبر حجماً من السيف، إذ يصل طول ظهره لأكثر من ٢٠٠ كم، وعرضه يتعدى ٣ كم، وارتفاعه حوالى ٥٠ متر.
- ٤ - تعد أظهر الحيتان من الأشكال الرملية الميتة عديمة الحركة، أى على النقيض من البرخانات، والغرود المتحركة.
- ٥ - تنشأ أحياناً بعض الكثبان الطولية المحدودة الحجم متراكمة فوق أظهر الحيتان.

(هـ) الكثبان النجمية

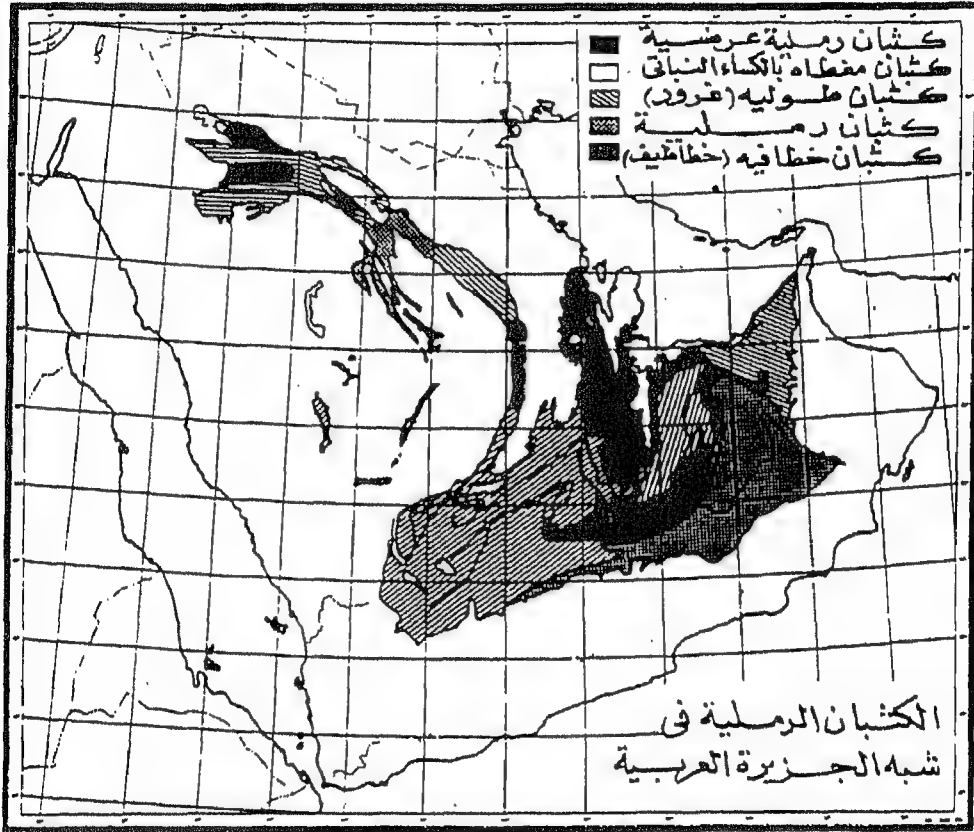
Star Dunes

تشكل الكثبان النجمية حينما تأتي الرياح فى مناورات من عدة اتجاهات، ويتناسب عدد أذرع النجوم الرملية، وطول كل ذراع منها مع اتجاهات الرياح السائدة، إذ تبدو أشكالها متوافقة إلى حد كبير مع ودرات الرياح لإقليم تشكيلها. وينتشر هذا النوع من الكثبان الرملية فى التركستان، وصحراء ثار شمال غرب الهند، وبعض أجزاء الصحارى الأسترالية.

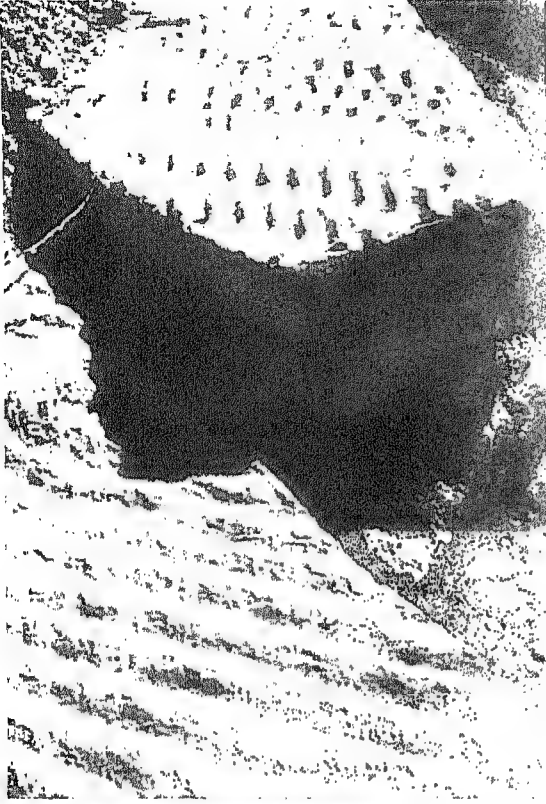
(و) التطور المورفولوجى لأشكال الكثبان الرملية

نخرج مما سبق بأن الكثيب الرملى دائم الحركة، ويتبدل شكله من حين لآخر، ليتكيف مع بيئته الترسبية. فالكومات الرملية التى تتراكم بصورة عفوية فى بادئ الأمر تتحول بالتدريج إلى كثيبات هلالية تستدير جوانبها وتنشئ أطرافها، لتبدو كبرخانات تتحرك بتؤدة وتروى مع الرياح. ويحافظ الكثيب على شكله الهلالى مع ثبات ظروفه البيئية، ولكن إذا ما طرأ أى تغير على تلك الظروف يتحول الكثيب إلى النوع الحلزوني Sigmoided Dune، أما إذا اتت الرياح من عدة اتجاهات يميل الكثيب إلى الشكل النجمي Stare Dune.

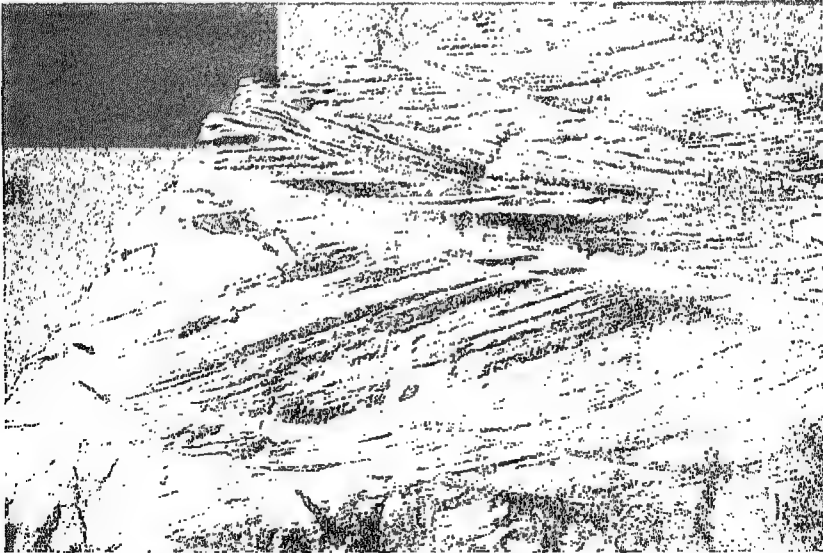
أما انسب الظروف المواتية لنشأة الغرود الطولية فتأتى عندما تقبل الرياح الدائمة من اتجاه غالب، تؤازرها رياح آتية من إتجاهين جانبيين لتعطى الرياح الدائمة للكثبان محاورها الطولية، بينما تعمل الرياح الجانبية على ضيق عروضها.



(شكل ٩٥) التوزيع الجغرافى لأنماط الترسيب الرملى فى شبه الجزيرة العربية



(صورة ٩٤) علامات النيم تبدو محفوظة على الأحجار الرملية.



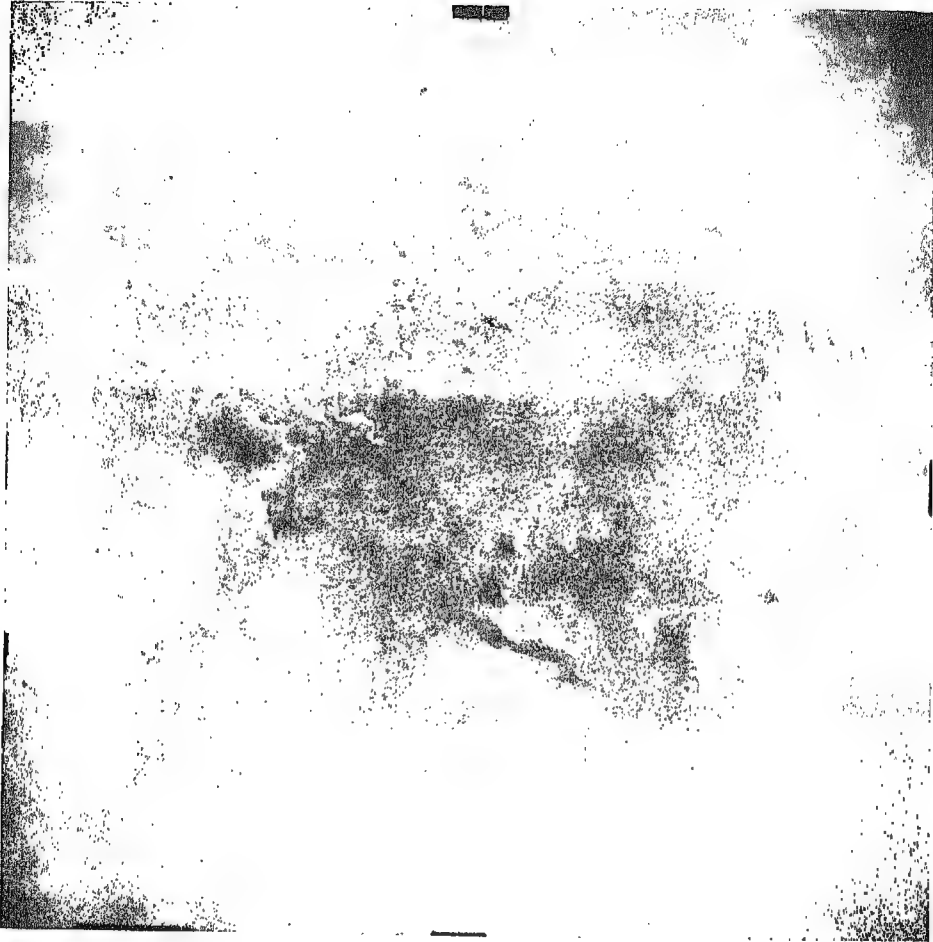
(صورة ٩٥) مقطع فى كتيب رملى متحجر تظهر عليه طبقات الترسيب الهوائى المتقاطعة، وبدراسة إتجاهات هذه الطبقات يمكن تحديد إتجاهات الرياح القديمة.



(صورة ٩٦) نبكة بمنخفض قريشت نرفى منخفض سيوه.



(صورة ٩٧) صورة جوية مائلة لمجموعة برخانات فى صحراء موجاف - كاليفورنيا، لاحظ تطور كومات الرمال المتحركة إلى الأشكال الهلالية.
(After Shelton, I.s., 1966)



(صورة ٩٨) صورة جوية توضح نطاق من الكثبان الهلالية بالصحراء الجزائرية لاحظ إتجاه هبوب الرياح
المسببة لحركة الكثبان

(مهداه من Prof .D Chorley, R.)



(صورة ٩٩) جزء من غرد القطنية بالصحراء الغربية المصرية.



(صورة ١٠٠) كثيب طولى يتألف من مجموعة متلاصقة من الكثبان الحلزونية

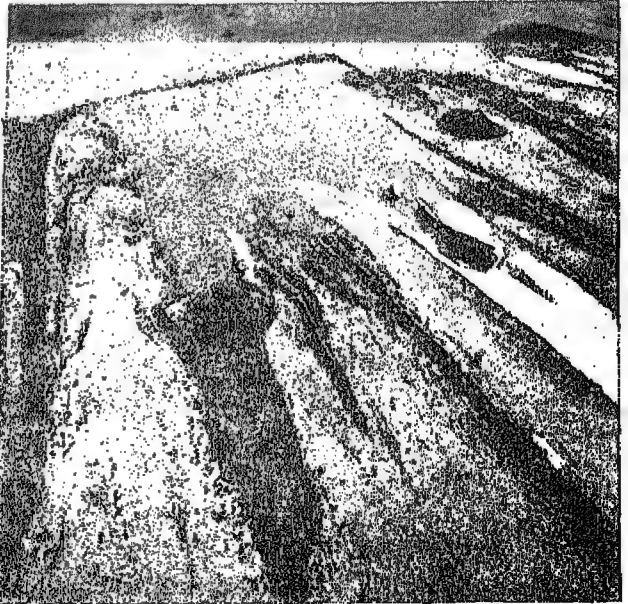
Sigmoided dunes الهلالية الأصل.



(صورة ١٠١) مرئية فضائية للكثبان الرملية الطولية بمنطقة «وهيبة» بسلطنة عمان، كما تظهر في الصورة

مجموعة من حقول البترول تمثلها البقع الصغيرة الداكنة «ألوان حقيقية».

(After Frances, P., and Jones, P., 1985)



(صورة ١٠٢) مرئية فضائية لبحيرة أونيا لجا أكبر

بحيرات السرير الليبي تغطي عليها الكثبان الطولية،

ولاحظ المخروط البركاني وسط الصورة

(جيمنى، ألوان حقيقية).

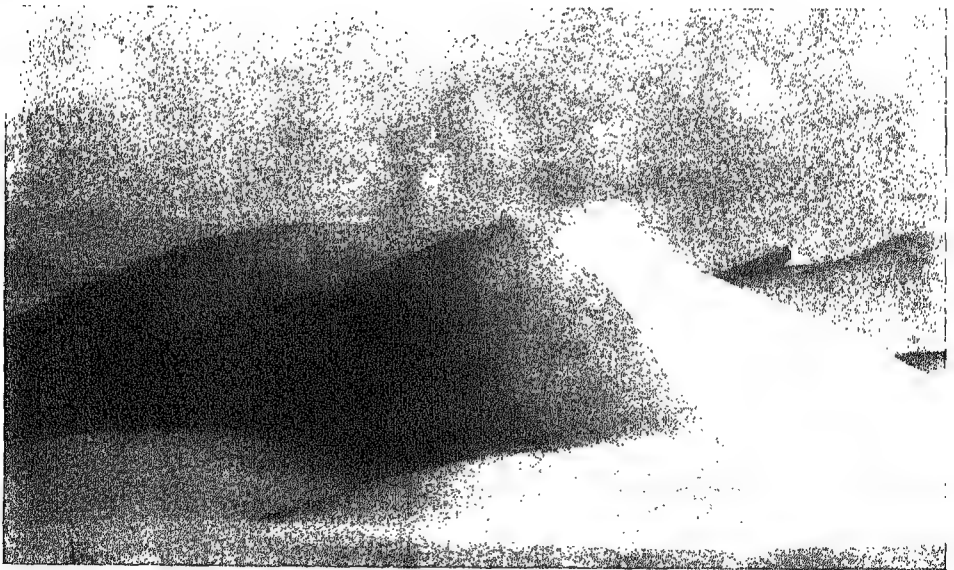
(After Pesce, A, 1968)



(صورة ١٠٣) صورة جوية توضح سيوف تغطي بطون بعض الأودية بصحراء الجزائر

(مهداه من Prof. D. Chorley, R.)

(صورة ١٠٤) مرئية فضائية لسيوف رملية
 بصحاء «سيمبسون» غرب كوينزلاند بأستراليا.
 لاحظ السبخات التي تبدو باللون الأزرق الفاتح.
 والمنطق الزراعية باللون البنّي القاتم «لاندسات»
 حول غير حقيقية
 (After Frances, P., and Jones, P., 1980)



(صورة ١٠٥) حاجز رملي عرضي جنوبى منخفض الجفوب في ليبيا، لاحظ تقدم ذرات الرمال عند قمة
 الكثيب.

(صورة ١٠٦) صورة جوية لمجموعة كشبان نجمية
في صحراء الربع الخالي بالملكة العربية السعودية

(Science Air Photos)



(صورة ١٠٧) تجمعات رملية تشبه الخنجر بالعرق الكبير
الشرقي الصحراء الجزائرية «لاندسات، ألوان حقيقية»

(After Frances, P., and Jones, p., 1985)

الاشكال المتبقية

- ١- أسطح التعرية.
- ٢- التلال المتبقية.
- ٣- الحطام المتخلف «المتبقى».
- ٤- الروابي أو الأكام والقمم.
- ٥- أشكال الشواهد الصحراوية.
- ٦- فوهات اصطدام النيازك بسطح الأرض.

الاشكال المتبقية

تعريف:

تتضمن الأشكال المتبقية مجموعة من الظواهرات الجيومورفولوجية التي تتخلف عن عوامل النحت والتعرية المختلفة، ويعزى سبب بقائها إما إلى زيادة صلابة مكوناتها الجيولوجية، أو لتوقف تأثير عامل التعرية السائد وبلوغ سطح الأرض إلى نهاية دورة تعرية، أو تغير الظروف المناخية السائدة بالإقليم.

Erosion Surfaces

(١) أسطح التعرية

سطوح ذات تضاريس خفيفة كنتيجة نهائية لدورات التعرية الكاملة أو الناقصة، وتتضمن العديد من الأشكال الجيومورفولوجية مثل سفوح الجبال و التلال والجروف البحرية، أى أن هذه السطوح تسهم فى تشكيلها العديد من عوامل التعرية سواء النهرية Fluvial، أو التسوية البحرية Marine Planation، وغيرها.. ولكن لا يصح أن يطلق هذا المصطلح على السطوح المكونة بالعمليات البنيوية أو البنائية الداخلية. ويمكن تصنيف سطوح التعرية إلى أنماط متعددة أهمها (ليلى عثمان، ١٩٧٥):

«أ» السهول التحتائية Peneplains

هى الحصيلة النهائية لدورة التعرية المائية وفقاً لمفهوم ديفيز.

«ب» السهول التحتائية الفيضية Panaplains

السهول الناجمة عن التسوية الجانبية للأنهار والتحام السهول الفيضية المتجاورة.

«ج» سهول التعرية البحرية Plains of Marine Denudation

مصاطب محدودة الاتساع مُشكلة بتأثير فعل الأمواج البحرية، وقد تختفى بعض السهول تحت الإرسابات الأحدث. ولكن عادة ما يكون السطح التحتائي البحرى النشأة أكثر استواءاً بالمقارنة بالسهل التحتائي وان كان ينحدر انحداراً محسوساً باتجاه البحر.

«د» سهول تراجع الجروف Pediplains

سطوح تنشأ عن تراجع الجروف أمام عمليات النحت، وتبرز فيها بعض الأشكال المختلفة.

«هـ» سطوح التعرية الجليدية وهوامش الجليد

سهول تنتج عن احتكاك الجليد بسطح الأرض خلال عصر البلايستوسين، وقد تظهر هذه الأسطح فى عروض مناخية تختلف عن ظروف تشكيلها القديمة.

«٢» التلال المتبقية Redsidual Hills (Relict Hills)

تلال محدودة الارتفاع تبرز ناتئة بالسهول التحتائية، ويختلف مظهرها المورفولوجى تبعاً لإختلاف عامل تشكيلها وتركيبها الصخرى، ونظامها النهيوى. ويطلق على التلال المتبقية عدة مصطلحات تبعاً لإختلاف عامل التعرية المسئول عن تخفيض مستوى سطح الأرض حولها مثل:

١ - تل متبقى فى المناطق الجافة Inselberge

٢ - تل متخلف فى الأقاليم الرطبة Monadnock

٣ - التلال الكارستية المنعزلة Hums

(٣) الحطام المتخلف «المتبقى» Residual Debris (Relict Debris)

كتل صخرية وجلاميد وحصى متبقى عن عمليات النحت السابقة وتبدو هذه الظاهرة حينما تنجح عوامل التعرية فى تسوية سطح الأرض، بينما لم تتمكن عوامل النقل من إزالة الحطام الصخرى المتبقى عن هذه العملية فتركه على السطح.

(٤) الروابي أو الأكام والقمم^(١) Mounds - Stacs - Summits

قد تتخلف عن عمليات التجوية بعض الروابي أو الأكام والقمم المتفرقة نتيجة أحد عاملين هما:-

١ - وجود بعض العديسات الصوانية فى الصخور، مما يعمل على زيادة صلابتها ومقاومتها لفعل التحلل الصخرى، فتصمد مكونة بعض القمم البارزة فوق سطح الأرض.

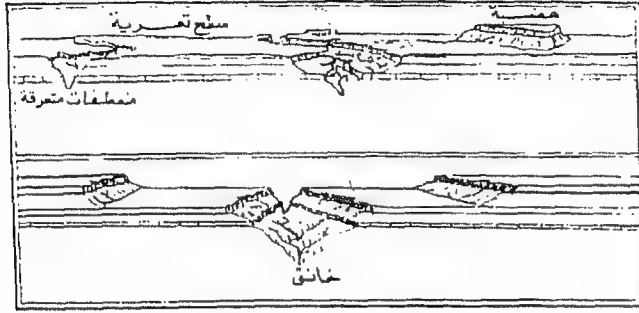
٢ - تذبذب مستوى الماء الباطنى رأسياً وتفاوت مسامية الصخور ومبدى نفاذيتها مما يساعد على تباين درجة تأثرها بالتحلل المائى، فتظل الأجزاء عديمة النفاذية صامدة أمام العوامل الجوية بينما تكتسح المواضع المشبعة بالماء بسهولة.

(١) راجع الأشكال المتبقية عن فعل التعرية؛ بالفصل الثالث.

Desert Witnesses Features

(٥) أشكال الشواهد الصحراوية

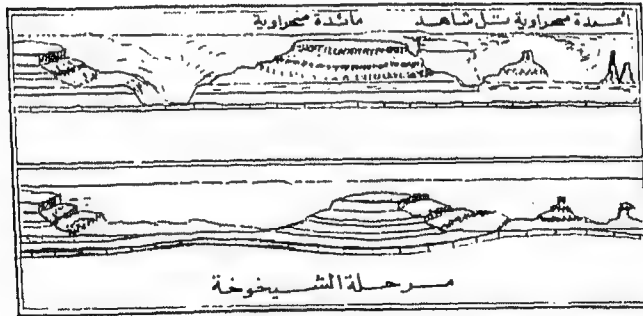
تعتبر أشكال الشواهد الصحراوية من المظاهر الجيومورفولوجية المتخلفة عن نشاط عوامل التعرية بالطبقات الصخرية الأفقية خلال فترات زمنية قديمة^(١)



مرحلة الشباب



مرحلة النضج



مرحلة الشيخوخة

(شكل ٩٦) مراحل التطور الجيومورفولوجي لأشكال الشواهد الصحراوية

(١) راجع أشكال الطبقات الصخرية الأفقية بالفصل الثاني.

Meteorite crater



(٦) فوهات اصطدام النيازك بسطح الأرض

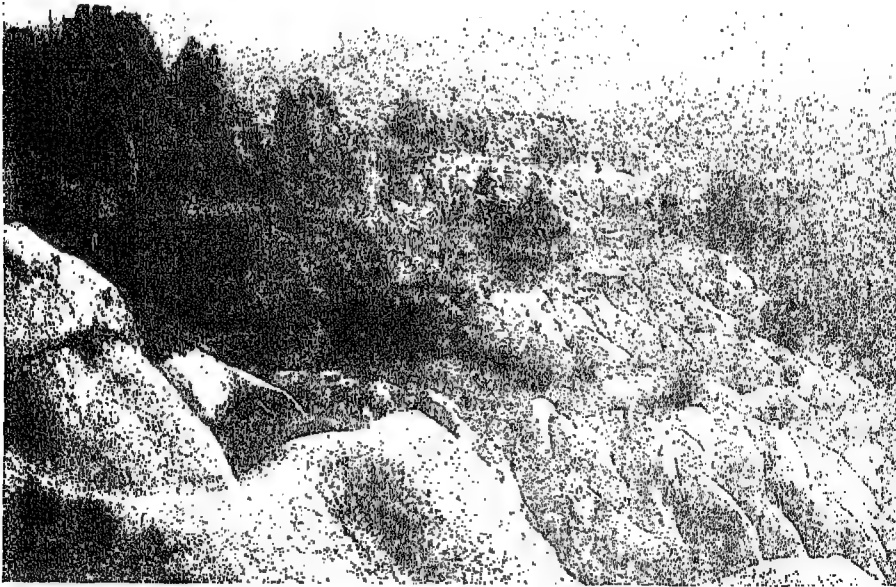
أحد الأشكال الجيومورفولوجية النادرة، وتحدث نتيجة اصطدام أحد النيازك بسطح الأرض، مكونا حفرة دائرية الشكل تتفق أبعادها مع حجم الكتلة الصخرية للنيزك.

وتتحول طاقة الحركة السريعة للنيزك إلى طاقة حرارية هائلة، تكون كافية لصهر صخور سطح الأرض مكونة شظايا زجاجية تتبعثر حول الفوهة، كما تتكون بعض الحفر الدائرية أو الفوهات الثانوية نتيجة اصطدام القطع المتناثرة من الفوهة الرئيسية.

(شكل ٩٧) تكوين فوهات اصطدام النيازك بسطح الأرض



(صورة ١٠٨) تل متبقى شمال تترانيا
(After Money, D., 1974)



(صورة ١٠٩) نطاق من الروابي متبقى عن التجوية في منطقة Nevshir بتركيا
(هيئة السياحة التركية)



(صورة ١١٠) صورة جوية لمجموعة من النلال المتبقية بعد تغطية أسطح التعرية حولها بالتجمعات الرملية

الهوائية، جنوب الصحراء الجزائرية

(مهداه من Prof. D. chorley, R)



(صورة ١١١) حفرة ناتجة عن اصطدام نيزك بسطح الأرض في ولاية أريزونا الأمريكية، يبلغ قطر هذه الحفرة حوالي ١٢٠٠ متر وعمقها ٢٠٠ متر ومهداه من جامعة وينبيج الكندية .

قائمة المراجع

أولاً: مراجع عامة.

ثانياً: مراجع الأشكال التكتونية (الباطنية).

ثالثاً: مراجع أشكال النحت.

رابعاً: مراجع أشكال الإرساب.

خامساً: مراجع الأشكال المتبقية.

قائمة المراجع

اولا : مراجع عامة

(أ) باللغة العربية :

- ١ - جوده حسنين جوده، ١٩٨٩، الجيومورفولوجيا، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية.
- ٢ - _____، ١٩٩٠ جيومورفولوجية مصر، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية.
- ٣ - حسن سيد أحمد أبو العينين، ١٩٦٨، أصول الجيومورفولوجيا، دار المعارف، الاسكندرية.
- ٤ - صلاح الدين بحيرى، ١٩٧٩ (أ)، جغرافية الصحارى العربية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، معهد البحوث والدراسات العربية، القاهرة.
- ٥ - _____، ١٩٧٩ (ب)، أشكال الأرض، دار الفكر، دمشق.
- ٦ - عبد الله يوسف الغنيم، ١٩٨٤، منتخبات من المصطلحات العربية لأشكال الأرض، منشورات جامعة الكويت، الكويت.
- ٧ - ليلي محمد عثمان، ١٩٧٥، الجيومورفولوجيا، مترجم عن سباركس، مكتبة

الأنجلو المصرية، القاهرة.

- ٨ - محمد بريان، حسن بنحليمة، عبد الله العوينه، ١٩٨٢، قراءة وتحليل الخريطة الطبغرافية، منشورات اللجنة الوطنية المغربية للجغرافية، الرباط.
- ٩ - يوسف تونى، ١٩٦٤، معجم المصطلحات الجغرافية، القاهرة.
- (ب) باللغات الأجنبية

- 1 - Ashburn. E. V., and Weldon. R. 1956, "Spectral diffuse reflectance of desert surfaces," J. Optical Soc. Am. 46, 583-586.
- 2 - Bryan.K., 1920, "Origin of rock tanks and charcos", Am. J. Sci., 4th Series, 50, 203-206.
- 3 - Cook, R.U., et al., 1973, "Desert Geomorphology", London.
- 4 - Fairbridge, R.W., 1968, "The Encyclopedia of Geomorphology", John Wiley and Sons, New York, 1295p.
- 5 - Francis, p., and Jones, P., 1985, "Images of Earth", London.
- 6 - Gautier. E.F., 1935, " Sahara, The Great Desert, " New York, Columbia University Press (translated by D.F. Mayhew), 264 pp.
- 7 - Hardy, A. V. and Monkhouse, F. J., 1966, " The physical Landscape in pictures, Cambridge", 92 p.
- 8 - Lobeck, A. K., 1939, "Geomorphology , an introduction to the study of Landscapes", New York, McGraw-Hill Book Co., 731 pp.
- 9 - Mabbutt, J. A., 1966, "Landforms of the Western Macdonnell Ranges," in (Dury, G. H., Editor), "Essays in Geomorphology," pp. 83-119, New York, American Elsevier Publishing Co.
- 10 - Miller, V.C., and Westerback. M.E., 1989, Interpretation of Topographic maps, London, 241 p.
- 11 - Money, D.C., 1974, "The Earth's surface, physical Geography in colour", Evans Brothers L., London.
- 12 - Pesce, A., 1968, "Gemini space photographs of Libya and Tibesti", Tripoli, 81 p.

- 13 - Schumm, S. A. and Hadley, R. F., 1957, "Arroyos and the semi-arid cycle of erosion," Am. J. Sci. 255, 161-174.
- 14 - Sharp, R., 1954, "Some physiographic aspects of southern California", Calif. Div. Mines, Bull. 170 (I.V.), 5-10.
- 15 - Shelton, J. S., 1966, "Geology Illustrated", London 432 p.
- 16 - Strahler, A.N, 1968, "Physical Geography, New York", 559p.
- 17 - Termier, H., and Termier, G., 1963, "Erosion and Sedimentation," New York, D. Van Nostrand Co. Inc, 433 pp.
- 18 - Tnornbury, W.D., 1954, "Principles of Geomorphology," New York, John Wiley & Sons, 618 pp.
- 19 - Tolman, C. F. 1909, "Erosion and deposition in the southern Arizona bolson region", I. Ged., 17, 136-163.

ثانيا : الانكسار التكتونية (الباطنية)

- 1 - Adams, G I., 1901, "Physiography and geology of the Ozark region", U.S. Geol. Surv., 22d Ann. Rept., part 2, p. 69-91.
- 2 - Alia M. edina, M., M., 1956, " El orgien tectonico de las sebjas del Sahara Espanol," Intern. Geol. Congress. Mexico, 20, 341-346.
- 3 - Arkell, W. J., 1936, " Analysis of the Mesozic and Cenozoic folding in England", 16 th Intern. Geol. Cong., C. r., vol. 2, p. 937-952. Structure of Wealdan dome. Many references.
- 4 - Bevan, A. 1929, "Rocky Mountain front in Montana", Geol. Soc. Am., Bull. 40, p. 427-456, Overturned Hogbacks.
- 5 - Blackwelder, E., 1928, "The recognition of fault scarps," J. Geol. 36, 289-311.
- 6 - Cotton, C. A., 1944, "Volcanoes as Landscape forms", Christchurch, Whitcombe & Tombs, Ltd., 416 pp.

- 7 - Cotton, C. A., 1957, "Geomorphic evidence and major structures associated with transcurrent faults in New Zealand," *Rev. Geromorph. Dvn.*, Paris, 8, 155.
- 8 - Cross, C. W. 1891, The loccolithic mountain groups of Colorado, Utah, and Arizona. U.S. Geol. Surv., 14th Ann. Rept. part 2, p. 157-241.
- 9 - _____, 1905, Description of the quadrangle, Colorado, U.S. Geol. Surv., Folio, 130.
- 10 - Cross, C. W., and Spencer, A. C. 1899, Description of the La Plata quadrangle, Colorado. U.S. Geol. Surv., Folio 60.
- 11 - _____, A.C., 1900, Geology of The Rico Mountains, Colorado. U.S. Geol. Surv., 12st Ann. Rept., Part 2, P. 7-165.
- 12 - Daly, R. A. 1903-08, Mechanics of igneous intrusion. *Am. Jour. Sci.*, 4Th ser., Vol. 15, p. 269-298; vol. 16, p. 107-126; Vol.26, p. 17-50.
- 13 - Darton. N.H., and O'Harra, C.C., 1907,"Description of the Devil's Tower quadrangle. Wyoming, "U.S. Geol. Surv. Folio, 150,9 pp.
- 14 - Davis, W.M., 1899, "The drainage of cuestas," *Proc. Geol. Assoc.*, London. 16, 75-93.
- 15 - _____, 1913, "Nomenclature of surface forms on faulted structures," *Bull. Geol. Soc. Am.*, 24, 187-216.
- 16 - Falconer, J.D., 1912, "The origin of Kopje and inselbergs," *Brit. Assoc. Adr. Sci. Trans. Section C.* 476.
- 17 - Fuller, R. E., and Waters, A.C., 1929, "The nature and origin of the horst and graben structure of southern Oregon," *J. Geol.*, 37, 204-238.
- 18 - Gansser, A., 1960. "Ueber Schammvulkane and Salzdome," *Vierteljahrsschr. Naturfossch. Ges. Zuerich*, 105, 1-46.
- 19 - Geikie, A., 1897. "The Ancient Volcanoes of Great Britain," London. 2 Vols. 478 and 492 pp.
- 20 - Geikie, J., 1914, "Mountains. Their Origin, Growth and Decay," Priceton. N.J., D. Van Nostrand Co., 3111 pp.

- 21 - Gilbert, G. K. 1877, Report on the geology of the Henry Mountains. U. S. Geog. and Geol. Surv. Rocky Mt. Region (powell), p. 18-98.
- 22 - Glangeaud. P., 1923, "La chaine des Puys." Bull. Serv. Carte Geol. France. 135, 256 pp.
- 23 - Gregory, H. E., 1917, "Geology of the Navajo country," U.S. Geol. Surv. Profess Paper 93.
- 24 - Hack, J. T., 1942, "Sedimentation and Volcanism in the Hopi buttes, Arizona," Bull. Geol. Soc. Am., 53, 335-372.
- 25 - Healy, J., 1962, "Structure and volcanism in the Taupo Volcanic Zone, New Zealand," in "Crust of the Pacific Basin," Geophys. Monogr., 6, 151-157.
- 26 - Jaggard, T., JR. 1901, "The laccoliths of the Black Hills", U.S. Geol. Surv., 21 st Ann. Rept., part 3, p. 163-290.
- 27 - Johnson D. W., 1930, "Geomorphologic aspects of rift valleys," Intern. Geol. Congr. 15th, South Africa, 1929, Compt. Rend., 2, 354-373.
- 28 - Kelley, V.C., and Soske, J. L. 1936, Origin of the Salton volcanic domes, Salton Sea, California, Jour. Geol., Vol. 44, p. 496-503.
- 29 - Kemp. J. F., and Knight. W.C., 1903, "Leucite hills of Wyoming," Bull. Geol. Soc. Am., 14, 305-336.
- 30 - Kennedy, W.D., 1946. "The Great Glen Fault, " Quart. J. Geol. Soc., London, 102, 41.
- 31 - Knight, G. I., and Landes, K.K, 1932, Kansas Laccoliths. Jour. Geol., Vol. 40, p. 1-15.
- 32 - MacCarthy. G.R., 1925, "Some facts and theories concerning laccoliths, " J. Geol., 33, 1-18.
- 33 - Miller, W. J., 1911, "Exfoliation domes in Warren Co., N.Y.," New York St. Nus. Bull., 149, 187-194.
- 34 - Newton, H., and Jenney. W. P. 1880. "Report on the geology and resources of the Black Hills of Dakota, "Washington, D.C. U.S. Government Printing Office, 566pp.

- 35 - Rittmann, A., 1962. "Volcanoes and their Activity." New York, Interscience (Wiley), transl. E. A. Vincent. 305 pp.
- 36 - Russell, L. C., 1897, "Volcanoes of North America." New York. 346 pp.
- 37 - Scrope, G. P., 1872, "Volcanos the Character of their Phenomena.", Second ed., London, Longman. Green and Co., 490 pp. (First ed.. 1825).
- 38 - Stearns, H. T., and Clark, W. O., 1930, "Geology and Water resources of the Kau district, Hawaii, Including parts of Kilauea and Mauna Loa Volcanoes," U.S.Geol. Surv., Water Supply Paper 616, 194 pp.
- 39 - Thornbury, W.D., 1965, "Regional Geomorphology of the United States," New York, John Wiley & Sons, 609 pp.
- 40 - Thomas, M. F., 1965, "Some aspects of the geomorphology of domes and tors in Nigeria," Zeit. Geomorph., NF 9, 63-81.
- 41 - Williams, H., 1932, "The history and character of volcanic domes," Univ. Calif. (Berkeley) Publ. Geol. Sci., 21, 51-146.
- 42 - _____, 1936, "Pliocene volcanoes of the Navajo-Hopi country," Bull. Geol. Soc. Am, 47, 111-171.
- 43 - _____, 1941, "Calderas and their origin," Univ. Calif. Publ. Geol. Sci., 25(6), 239-346.

ثالثاً : مراجع اشكال النحت

(أ) باللغة العربية

- ١ - جودة حسنين جوده، ١٩٦٥، الإكتساح والنحت بواسطة الرياح، مجلة كلية الآداب، جامعة الاسكندرية، المجلد ١٨، الاسكندرية.
- ٢ - سهام هاشم، ١٩٨٠، البطيخ المصقول، مجلة الجمعية الجغرافية العربية، القاهرة.
- ٣ - عبد الله الغنيم، ١٩٨١، أشكال سطح الأرض المتأثرة بالرياح فى شبه

الجزيرة العربية، الكويت.

٤ - محمد مجدى تراب، ١٩٩٣، جيومورفولوجية الهوامش الشمالية والغربية
لنخفض القطارة، مجلة الجمعية الجغرافية العربية، القاهرة.

(ب) باللغات الأجنبية

- 1 - Alden, W.C., 1973, "Landslide and Flood at Gros Ventre, Wyoming,"
Transactions, American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Vol.
76, (1928), pp. 347-58 (Reprinted in Tank, R.W. led.). Focus on Environmental
Geology. New York: Oxford University Press.
- 2 - Balchin. W.G.V., and Pye, N., 1956, "Piedmont profiles in the arid cycle,"
Proc. Geologists Assoc. Engl., 66, 167-181.
- 3 - Barton, D.C., 1916. "Notes on the disintegration of granite in Egypt, " J.
Geol., 24, 382-393.
- 4 - _____, 1938. "Discussion: The disintegration and exfoliation of
granite in Egypt, " J. Geol., 46, 109-111.
- 5 - Berry, L., and Ruxton, B.P., 1959. "Notes on weathering zones and soils
on granitic rocks in two tropical regions," J. Soil. Sci., 10, 54-63.
- 6 - Blackwelder, E., 1925, "Exfoliation as a phase of rock weathering, " J.
Geol., 33, 793-806.
- 7 - _____, 1929, "Cavernous rock surfaces of the desert," Am. J.
Sci., Ser. 5. 17.
- 8 - _____, 1930, "Yardang and Zastruga," Science, 72, 396-397.
- 9 - _____, 1931, "Desert plains, "j. Geol., 39, 133-140.
- 10 - _____, 1933, "The insolation hypothesis of rock weathering,"
Am. J. Sci. 26, 97-113.
- 11 - _____, 1934. "Yardangs," Geog. Soc. Amer. Bull., 45,
159-166.
- 12 - Bryan, K., 1922, "Erosion and sedimentation in the Papago Country,

- Arizona", Bull. U. S. Geol. Surv., 730(B).
- 13 - Bryan K., 1923, "Wind erosion near Lees Ferry, Arizona, " Am. J. Sci., 206, 291-307.
 - 14 - _____, 1940, "Gully gravure, a method of slope retreat, " J. Geomorphol., 3, 89-106.
 - 15 - Calkin. P., and Cailleux, A., 1962. "A quantitative study of cavernous weathering (taffonis) and its application to glacial chronology in Victoria Valley, Antarctica," Z. Geomorphol., 6, 317-324.
 - 16 - Chapman, R.W., and Greenfield, M.A., 1949, "Spheroidal weathering of igneous rocks, " Am. J. Sci., 247, 407-427.
 - 17 - Carson, M.A., and Kirkby, M.J. 1972, "Hillslope Form and Process". New York, Cambridge University Press.
 - 18 - Chepil. W.S., 1945. "Dynamics of wind erosion: III. The transport capacity of the wind, " Soil Sci. 60, 475-480.
 - 19 - Cleland, H. F., 1910, " North American natural bridges with a discussion of their origin," Bull. Geol. Soc. Am., 21, 314-338.
 - 20 - Ericksen, G. E., and Plafker, G., 1970, Preliminary Report on the Geologic Events Associated with the May 31, 1970, Peru Earthquake. U.S. Geological Survey Circular 639.
 - 21 - Farmin, R. 1937, Hypogene exfoliation in rock masses. Jour. Geol., Vol. 45, p. 625-635.
 - 22 - Fleming, R. W., and Taylor, F.A. 1980, Estimating Costs of Landslide Damage in the United States, U.S. Geological Survey Circular 8322.
 - 23 - Gentili, J. 1950, " Rainfall as a factor in the weathering of granite, " Compt. Rend. Congr. Int. Geographic (Lisbon, 1949), 2, 2263-269.
 - 24 - Gilbrt, G. K. 1904, Domes and Dome structure of the high Sierra. Geol. Soc. Am., Bull., 15, p. 29-36.
 - 25 - Goldich. S.S. 1938. " A study weathering." J. Geol. 46, 17-58.
 - 26 - Griggs, D. T., 1936, " The factor of fatigue in rock exfoliation." J. Geol.

- 44, 783-796.
- 27 - Haefeli, R., 1953, "Creep problems in soils, snow, and ice." Proc. Intern. Conf. Soil Mech. Found. Eng., 3rd Swizerland, 3,238-251.
- 28 - Harland, W. B., 1957, "Exfoliation joints and ice action, " J. Glacial., 3(21), 8-10.
- 29 - Haves, C. W., 1897, "Solution of silica under atmospheric conditions", Geol. Soc. Am., Bull., 8., p. 213-220.
- 30 - Hutchinson. J. N., 1967. "The free degradation of London Caly cliffs, " Proc. Geotech. Conf. Oslo, 1, 113-118.
- 31 - Ireland, H. A., Sharpe, C.F.S., and Eargle, D. H., 1939, "Principles of Gully Erosion in the Piedmont of South Carolina," U.S. Dept. Agr. Tech. Bull., 633. 143 pp.
- 32 - Judson, S., 1950, "Depressions of the northern portion of the southern high plains of eastern New Mexico," Bull. Geol. Soc. Am, 61, 253-274.
- 33 - Jutson, J. T., 1917, "The influence of salts in rock-weatheringg in sub-arid Western Australia," Proc. Roy. Soc. Victoria, 30(2), 165-172.
- 34 - _____, 1934, "The physiography (geomorphology) of Western Austrailia," Bull. Geol. Surv. W. Australia, 95, 366pp.
- 35 - Keller, W. D., 1955, " Principles of Chemical Weathering." Columbia. Mo., Lucas Bros., 88pp.
- 36 - Knetsch, G., 1960, "Arid weathering with special reference to both natural and artificial walls in Egypt, " Z. Geomorphol., Suppl., 1,190-205.
- 37 - Leopold. L. B., Emmett, W. W., and Myrick, R. M., 1966. "Channel and hillsolope processes in a semi-arid area. New Mexico," U. S. Geol. Surv. Proteys. Paper, 352G.
- 38 - Linton, D. L., 1955, " The problem of tors," Geograph. J., 121, 470-487.
- 39 - McGee, W. J. 1897, "Sheetflood erosion," Geol. Soc. Am. Bull., 8, 87-112.
- 40 - Merrill, G. P., 1895, "Disintegration of the granitic rocks of the District

- of Columbia," Bull, Geol. Soc. Am., 6, 3221-332.
- 41 - _____, 1921, "Rocks. Rock-weathering and Soils," New York, London, Macmillan Co., 411 pp.
- 42 - Miller, w. j. 1911, " Exfoliations domes in Warren County, New York, N. Y. State Mus., Bull. 149, p. 187-194.
- 43 - Ollier, C. D., 1963, " Insolation weathering examples from central Australia." Am. J. Sci., 261, 376-381.
- 44 - Palmer, J. and Neilson, R. A., 1962, " The origin of granite tors on Dartmoor, Devonshire, "Proc. York-shire Geol. Soc., 33, 315-340.
- 45 - Peterson. H. V., 1950, " The Problem of ullying in Western Valleys." in (Trask. P. D., editor) "Applied Sedimentation," Ch. 23. pp. 407-434, New York, John Willey & Sons.
- 46 - Reiche, P., 1950, "A Survey of Weathering Processes and Products," Recvised ed. University of New Mexico Press, 95pp.
- 47 - Sharpe, C. F. S. 1938, Landslides and Related Phenomena," New York: Columbia University Press.
- 48 - Savage, C. N., 1951, " Mass wasting classification and damage in Ohio, Ohio J. Sci, 51, No. 2, 299-308.
- 49 - Schumm. S. A., 1956a, "The role of creep and Rainwash on the retreat of badland slopes ," Am. J. Sci., 254, 639-706.
- 50 - -----, 1956, Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, N., J., " Bull Geol. Soc. Am. 67, 597-646.
- 51 - _____, 1962, "Erosion on miniature pediments in Badlands national monument, south dakota", Bull. Geol. soc. Am., 75, 719-724.
- 52 - _____, 1964, "Seasonal Variations of ersion rates and processes on hillslopes in Western Colorado," Z. Geomorphol., Supplementband 5. 215-238.
- 53 - _____, 1967, "Rates of surficial rock creep on hillslopes in Western Colorado," Science. 155, 560-561.

- 54 - Schumm, S. A., and Lusby G. C., 1963. "Seasonal variations of infiltration capacity and runoff on hillslopes in Western Colorado," J. Geophys. Res., 68, 3655-3666. Simpson, D. R., 1904, "Exfoliation in the upper pacahontes sandstone, Mercer Country, West Virginia," Am. J. Sci., 262, 545-551.
- 55 - Smith, K. G., 1958, "Erosional processes and landforms in badlands National Monument. South Dakota," Bull. Geol. Soc. Am., 69, 975-1007.
- 56 - Strahler, A. N., 1956, "Quantitative slope analysis," Bull Geol. Soc., Am. 67, 571-596.
- 57 - Tator, B. A., 1952-3, "Pediment characteristics and terminology," Assoc. Am. Geogr. Am., 42, 295-317; 43, 37-53.
- 58 - Terzaghi, K., and Peck, R. B., 1948, "Soil Mechanics in Engineering Practice," New York, John Wiley & Sons. 566 pp.
- 59 - Tschng, Hsi-Lin, 1961, "The pseudakarren and exfoliation forms of granite on pulau Ubin, Singapore," Z. Geomorphol., 5, 302-312.
- 60 - Van Hise, C. R., 1904. A treatise on metamorphism. U.S. 61 - Geol. Surv., Mon, 47. The Belt of weathering , p. 409-561.
- 61 - Ward, F. 1930, "The role of solution in peneplanation". Jour. Geol., Vol. 38, p. 262-270.
- 62 - Wellman, H. W., and Wilson, A. T., 1965, "Salt weathering neglected geological erosive agent in coastal arid environments, Nature, 205 (4976), 1079-1098.
- 63 - Wilson, B. E., 1958, " Arches and Natural Bridges*National Monuments (Utah)," in Intermountain Assoc. Petrol. Geol., Guidebook, 9th, Ann. Field Conf., 16-18.
- 64 - Winkler, E. M., 1965, "Weathering rates as exemplified by cleopatra's Needle in New York City," J. Geol. Educ., 13(2), 50-52.
- 65 - Woodward, H. P., 1936, "Natural Bridge and Natural Tunnel. Virginia," J. Geol., 44, 604-616.

رابعاً: مراجع اشكال الارساب

(أ) باللغة العربية

- ١ - محمود محمد عاشور وآخرون، ١٩٩١، السبخات فى شبه جزيرة قطر، مركز الوثائق والدراسات الإنسانية، جامعة قطر، الدوحة.
- ٢ - نبيل امبابى، ١٩٧٠، الكثبان الرملية المتحركة، المجلة الجغرافية العربية، القاهرة.
- ٣ - _____، ١٩٨٤، حركة الكثبان الرملية الهلالية وأثرها على العمران والتعمير فى منخفض الواحة الخارجة، مجلة بحوث الشرق الاوسط، العدد السادس، القاهرة.
- ٤ - نبيل امبابى، ومحمد عاشور، ١٩٨٣، الكثبان الرملية فى شبه جزيره قطر، مركز الوثائق والدراسات الانسانية، جامعة قطر، الدوحة.

(ب) باللغات الاجنبية

- 1 - Aufere, L., 1935, "Essai sur les dunes du Sahara Algerien," Geografiska Annn., 17, Special Supplement, Sven Hedin, Memorial Volume, 481-500.
- 2 - Bagnold, R. A., 1941, "The Physics of Blown Sand and Desert Dunes," New York, William Morrow and Co., 265p.
- 3 - Beaty, C. B., 1963, " Origin of alluival fans, White Mountains, California and Nevada," Ann. Assoc. Am. Geographers, 53, 516-535.
- 4 - Blackwelder, E., 1931, "The lowering of playas by deflation," Am. J. Sci, 221, 140-144.
- 5 - Blissenbach, Erich. 1954, "Geology of alluvial fans in semiarid regions," Bull. Geol. Soc. Am., 65, 175-189.
- 6 - Bull, W. B., 1964a, "Alluival fans and near surface sub-sidence in western Fersno County. California," U. S. Geol. Surv. Profess. Paper 437-A, 71pp.
- 7 - _____, 1964b. "Geomorphology of segmented alluvial fans in

- western Fersno County, California," U. S. Geol. Surv. Profess. Paper 352-E, 89-129.
- 8 - Chico, R. J., 1963, "Playa mud cracks: regular and kingsize," Geol. Soc. Am. Special Paper. 76, 306.
- 9 - Denny, C. S. 1965, "Alluvial fans in the Death Valley region California and Nevada," U. S. Geol. Surv. Profess. Paper 446, 62pp.
- 10 - _____, 1967, "Fans and Pediments," Am. J. Sci. 265, 81-105.
- 11 - Drew, Frederick, 1873, "Alluvial and Lacustrine deposits and glacial records of the upper Indus basin," Quart. J. Geol. Soc. London, 29, 441-471.
- 12 - Droste, J. B. 1961, "Clay minerals in the playa sediments of the Mojave Desert, California," Calif. Div. Mines. Special Report, 69, 21pp.
- 13 - Eckis, Rollin, 1928, "Alluvial fans in the Cucamonga district, southern California," J. Geol, 36, 224-247.
- 14 - Hack, John T, 1941, "Dunes of the western Navajo Country, Arizona," Geograph. Rev. 31, 240-263.
- 15 - Holm, D.A., 1960. "Desert geomorphology in the Arabian Peninsula," science, 132, 1369-1379.
- 16 - Hooke, R. Leeb., 1965, "Alluvial Fans, Ph. D. Thesis, California Institute of Technology, Pasadena, 192 pp.
- 17 - Leggett, R. F., Brown, R. J.E. and Johnston, G. H., 1966. "Alluvial fan formation near Aklavik, Northwest Territories, Canada," Bull. Geol. Soc. Am., 77, 15-30.
- 18 - Lusting, L. K. 1965, "Clastic sedimentation in Deep Springs Valley, California," U. S. Geol. Surv. Profess. Paper 352-F, 131-192.
- 19 - Madigan, C. T., 1936, "The Australian sand-ridge deserts," Geograph. Rev., 26, 205-227.
- 20 - Oakeshott, G.B.Jennings, G.W.and Lurner, M. D., 1954, "Correlation of sedimentary formations in southern California," Calif. Div. Mines. Bull. 170 (I. III). 5-8.

- 21 - Shantz, H. L., 1956, "The Future of Arid Lands," Am. Assoc. Advance, Sci. Publ. no, 43.
- 22 - Thompson, D. G., 1924, "Some features of desert playas," J. Wash. Acad. Sci., 14, 56-57.
- 23 - Thompson, D. G., 1929, "The Mohave Desert region. California," U.S. Geol. Surv., Water Sup. Paper, 578, 579pp.
- 24 - Tight, W. G., 1905, "Bolson Plains of the southwest", Am. Geologist, 36, 271-284.
- 25 - Tolman, C. F., 1909, "Erosion and Deposition in southern Arizona bolson region," J. Geol., 17, 136-163.
- 26 - Ragnold, R. A., 1941, "The Physics of Blown Sand and Desert Dunes," London. Methuen and Co. Ltd., 265 pp. (Second ed. 1954).
- 27 - Windder, C. G., 1965, "Alluvial cone construction by alpine mudflow in a humid temperate region," Can: J. Earth Sci. 2,270-277.

خامسا مراجع الانكسار المتبقية

- 1 - Gilbert, G. K., and Gulliver, F. P., 1895, "Tepee Buttes," Bull. Geol. Soc. Am. 6, 333-342.
- 2 - King, L.C., 1958, "The problem of tors," Geogr. J., 124, 289-291(letter).
- 3 - Linton, D. L., 1955, "The problem of tors, Geogr. J. 121, 420-487.

رقم الايداع ١٩٩٣ / ٩٠٣٨
 الترقيم الدولى I . S . B . N
 977 / 00 / 5389 / 0

*** تم بحمد الله ***

تم بحمد الله إعداد وطبع كتاب أشكال الصحارى المصورة
بمطبعة الانتصار لطباعة الاوفست مع عمل جميع مراحل
التجهيزات الفنية من طباعة الاوفست افلام ومونتاج وزنك
وكذلك مراحل الطباعة الملونة والهافتون أبيض وأسود
والتجليد الفاخر، ليخرج هذا الكتاب في احسن اخراج
ويعد بصحة من الأعمال الفنية النادرة لمطبعة الانتصار.

مطبعة الانتصار لطباعة الاوفست

١٠ شارع الوردي كوم الدكة

تليفون ٤٩١٦٥٩٧ / ٤٩٢٥٣٩٢

مع تحيات **محمد صبري**